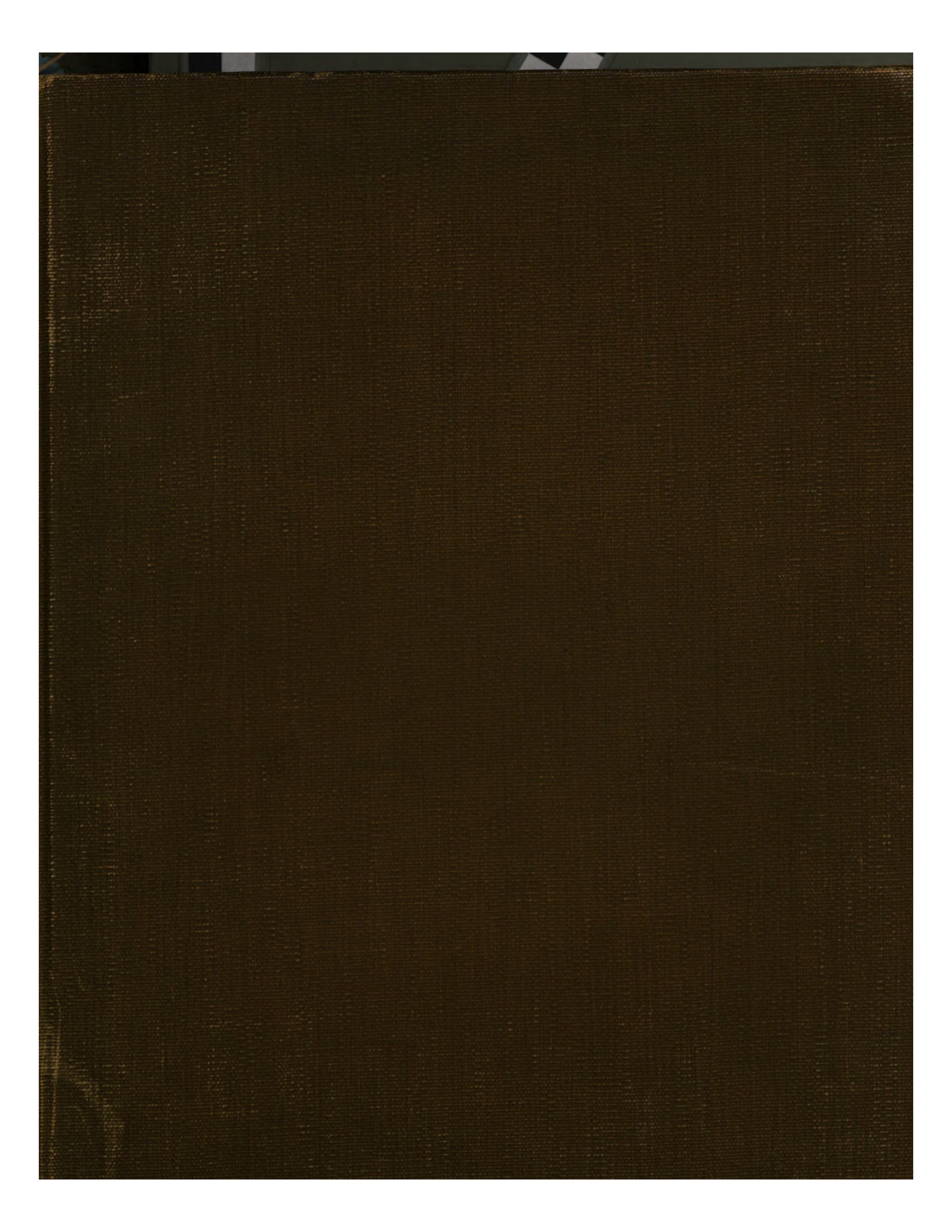


UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN FEINEREN BAU

DES

CENTRALEN UND PERIPHERISCHEN

NERVENSYSTEMS

VON

CAMILLO GOLGI

PROFESSOR DER ALLGEMEINEN PATHOLOGIE UND HISTOLOGIE AN DER KÖNIGL. UNIVERSITÄT PAVIA.

AUS DEM ITALIENISCHEN ÜBERSETZT VON DR. R. TEUSCHER.

MIT EINEM ATLAS VON 30 TAFELN UND 2 FIGUREN IM TEXT.

TEXT.

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

DER

WÜRZBURGER MEDICINISCHEN FACULTÄT

ALS ZEICHEN

HOHER DANKBARKEIT UND VEREHRUNG

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

Inhaltsverzeichniss.

Vorwort.

Da eine deutsche Ausgabe meiner »Studii sulla fina organisazione del sistema nervoso centrale e periferico« im Begriffe ist, zur Wirklichkeit zu werden, kann ich nicht umhin, der Dankbarkeit Ausdruck zu geben, welche ich gegen den Verleger, Herrn GUSTAV FISCHER, fühle, welcher, von edler Gesinnung bewegt, mit grossen Kosten die ganze Mühe der Veröffentlichung übernommen hat. Ich bin Herrn FISCHER um so mehr zu Dank verpflichtet, da er mir durch die gegenwärtige Veröffentlichung die Möglichkeit verschafft, die Resultate meiner zum Theil schon älteren Untersuchungen den Vielen in ihrer ursprünglichen Form bekannt zu machen, welche, wegen der engen Grenzen, innerhalb deren ich nothwendiger Weise die italienischen Originalarbeiten halten musste, dieselben von mir verlangt haben.

Dieser deutschen Ausgabe möchte ich nur eine Erklärung vorausschicken, nämlich dass meine einzige Sorge dabei darin bestand, dass eine streng wörtliche Uebersetzung der ursprünglichen Publikationen geliefert würde.

Ich habe die ursprüngliche Form genau beibehalten, auch in solchen Punkten, in Bezug auf welche es, wegen der durch die Untersuchungen anderer Forscher neu erworbenen Kenntnisse, oder wegen neuer, theoretischer Ideen, welche in der heutigen Phase der Untersuchungen in der Wissenschaft Platz gefunden haben, hätte rathsam erscheinen können, entweder manche Einzelnheiten in Beschreibungen zu unterdrücken, welche gegenwärtig überflüssig scheinen mögen, oder einige neue Thatsachen einzuschieben, oder wenigstens einige Ausdrücke abzuändern.

Ich halte es für unnöthig, den Grund dieser meiner Bedenken auseinanderzusetzen.

Ich entschloss mich zu dieser Veröffentlichung theils, wie schon gesagt, in Folge der grossherzigen Initiative des Herrn G. FISCHER und der vielen Nachfragen, welche an mich gerichtet wurden, theils wegen der wohlwollenden Aufnahme, welche meine Untersuchungen in letzter Zeit besonders in Deutschland gefunden haben . . . . Aber dies Alles würde nicht hingereicht haben, mich zu beruhigen, wäre nicht ein anderes, feierliches Urtheil hinzugekommen, das der medicinischen Fakultät in Würzburg, welche mich wegen meiner Untersuchungen über die feinere Anatomie des Centralnervensystems der höchsten Auszeichnung für würdig erklärte, welche ein Forscher erstreben kann. Da ich den Wunsch hege, diese Veröffentlichung unter die Auspicien dieser Facultät zu stellen, welche mir den RIENECKER'schen Preis zuerkannt hat, so schicke ich der Uebersetzung meiner Untersuchungen den schmeichelhaften Bericht voraus, mit welchem die medicinische Facultät von Würzburg mir diesen Preis zuertheilte:

Betreff.

Verleihung des Franz von Rienecker'schen Preises pro 1891/93.

Die medicinische Facultät, welche in diesem Jahre den Preis der Franz von Rienecker-Stiftung zu vergeben hat, wählte für diesen Termin das Gebiet der theoretischen Fächer und zwar dasjenige der Anatomie und bezeichnet durch einstimmigen Beschluss als den des Preises Würdigsten den Professor der Medicin Camillo Golgi in Pavia.

Camillo Golgi hat durch seine von ihm ausgedachte Methode der Färbung der Elemente des Nervensystems durch Silbersalze oder Sublimat eine ganz neue Aera in der feinen Anatomie des Nervensystems eröffnet. Ihm gelang es zum ersten Male, die genauen Formen der wesentlichsten Elemente des Gehirns und Rückenmarkes, der Nervenzellen und ihrer Ausläufer darzustellen und zwei besondere Arten derselben zu entdecken. Ferner machte er die wichtige Beobachtung, dass alle Nervenfasern der Centralorgane mit vielen Seitenausläufern (Collateralen) versehen sind, durch welche dieselben Nebenwirkungen auszuüben vermögen, und gab uns genaue Aufschlüsse über die Entstehung der Nervenfasern innerhalb der Centralorgane von den Zellen derselben und über die Endigungen der sensiblen Fasern mit freien Verästelungen.

Diese Entdeckungen C. Golgi's brachten einen vollständigen Umschwung in unsere Auffassungen von dem feinen Aufbau des Nervensystems hervor und bewirkten auch grossartige und durchgreifende Aenderungen in unseren physiologischen Anschauungen und bedarf es kaum mehr der Erwähnung, dass C. Golgi auch seine Lehren durch zahlreiche glückliche Specialuntersuchungen über den feinsten Bau des grossen und kleinen Gehirns, des Ammonshorn und des Bulbus olfactorius erhärtete und fest begründete.

Die Würzburger medicinische Facultät erklärt, gestützt auf das Erwähnte, den Professor Camillo Golgi in Pavia als einen Forscher ersten Ranges und fühlt sich glücklich, demselben durch Ueberreichung des Franz von Rienecker'schen Preises im Betrage von 1000 Mark sammt der silbernen Medaille ihren Dank und ihre Anerkennung aussprechen zu können.

Würzburg, Januar 1894.

Dr. Adolf Fick, z. Z. Decan.
Dr. Albert von Kölliker.
Dr. Eduard von Rindfleisch.
Dr. C Schoenborn.
Dr. Wilhelm v. Leube.
Dr. Julius Michel.
Dr. Max Hofmeier.
Dr. A. J. Kunkel.

No. I.

Beitrag zur feineren Anatomie der Centralorgane des Nervensystems[1])

von

Dr. Camillo Golgi,

Privatdocenten der klinischen Mikroskopie an der Universität Pavia. (Bologna 1871.)

Hierzu Tafel 1.

In Bezug auf den Bau der Centralorgane des Nervensystems hat ein Gegenstand vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Histologen angezogen und ist trotz vieler darüber angestellten Untersuchungen noch immer unentschieden und dunkel geblieben: nämlich die Frage, ob ausser den wesentlich nervösen Elementen auch einfache Bindegewebstheile zu ihren Bestandtheilen gehören, welche Eigenschaften sie besitzen, wie sie vertheilt sind, und wie sie sich zu den anderen Elementen verhalten.

Bei mikroskopischer Untersuchung des Parenchyms des Gross- und Kleinhirns, sowie des Rückenmarks bemerken wir, dass zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz und noch mehr zwischen den Nervenzellen der grauen eine andere Substanz zwischengelagert ist, welche alle Zwischenräume ausfüllt und in den verschiedenen Theilen jener Organe in verschiedener Menge auftritt. Ueber diese Substanz, besonders in den grauen Schichten, also über ihre Beschaffenheit, Anordnung und Structur herrscht nun unter den Histologen die angedeutete Meinungsverschiedenheit.

Genau genommen, kann man die Frage über das Vorhandensein einer Bindesubstanz jetzt für entschieden erklären, denn heutzutage kann kein Histologe die Meinung aufrecht erhalten, dass alle Bestandtheile des Parenchyms des Centralnervensystems aus Nervensubstanz bestehen. In dieser Beziehung handelt es sich nun darum, zu erforschen, ob aller zwischen den unbestreitbar nervösen Elementen eingelagerter Stoff, oder nur ein Theil desselben, zum Bindegewebe gehört. Grösserer Zwiespalt herrscht über den feineren Bau und die Anordnung dieser Zwischensubstanz, sowie über die Beziehungen derselben zu den Nervenelementen und zu den Gefässen. Da wir nun unter den Vertheidigern dieser entgegengesetzten Meinungen die Namen der eifrigsten und erfahrensten Beobachter finden, so ist es klar, dass der Unterschied in den Resultaten zum grossen Theil den verschiedenen Reagentien und den verschiedenen Untersuchungsmethoden zuzuschreiben ist, und dass sich die Aufklärung der noch dunklen Punkte erreichen lässt, wenn man diese Methoden abändert und die neuen Reagentien, welche täglich die mikroskopische Technik bereichern, möglichst benutzt.

Auf diese Weise, mit Anwendung der anerkanntesten Präparationsmethoden, indem ich einige davon abänderte und andere hinzufügte, gelang es mir, in dem Baue des genannten interstitiellen Stromas einige

[1]) Einige Thatsachen, welche ich in dieser Arbeit vorführen werde, sind schon von mir in einer Notiz „Sulla sostanza connettiva del cervello“ dargestellt worden, welche in Begleitung einer Abbildung von Prof. Bizzozero der königl. lombardischen Akademie für Wissenschaft und Literatur in der Sitzung vom 8. April 1870 vorgelegt wurde. (Rendiconto dell' Istituto etc., Vol. III, Fasc. VII.)

Besonderheiten aufzufinden, welche bis jetzt der Beobachtung der Histologen entgangen waren und nach meinem Urtheile einen grossen Theil der Streitfragen entscheiden, auch vom pathologischen Gesichtspunkte aus nicht ohne Interesse sind.

Obgleich die Resultate meiner Untersuchungen immer darauf hinzuweisen geeignet sind, dass in den verschiedenen Theilen des Centralnervensystems ein sehr einförmiger Bau herrscht, so halte ich es doch für zweckmässig, den des Gross- und Kleinhirns und den des Rückenmarks gesondert darzustellen, weil jeder dieser Theile in seinem Bau einige Besonderheiten aufweist, welche eine getrennte Darstellung verdienen, und weil es auf diese Weise deutlicher hervortritt, worin sich meine Resultate von denen anderer Beobachter unterscheiden.

Grosshirn.

I.

Während schon seit dem Anfange unseres Jahrhunderts ein Bindegewebsstroma im Rückenmarke angegeben und sogar ziemlich genau beschrieben worden ist, so machte doch erst im Jahre 1846 VIRCHOW [1]), als er die Resultate seiner Untersuchungen über die Wände der Hirnventrikel bekannt machte, die ersten Andeutungen über das Vorhandensein einer Bindesubstanz auch im Gehirn. Es wurde damals von den Histologen allgemein angenommen, dass in den Hirnventrikeln keine besondere Haut, sondern nur ein epithelialer Ueberzug, in unmittelbarer Berührung mit den horizontal gelagerten Nervenfasern bestehe. Dagegen hatten die Pathologen beobachtet, dass in den Wänden der Ventrikel ähnliche Entzündungsformen vorkamen, wie in den serösen Häuten, und waren geneigt, die Auskleidung der Ventrikel durch eine besondere Membran anzunehmen. VIRCHOW bewies, dass nicht eine von dem Nervengewebe deutlich unterschiedene Membran vorhanden sei, sondern dass unter dem Epithel eine Schicht von reinem Bindegewebe liege, welche, in die Tiefe gehend, gradweise in das nervöse Gewebe übergehe. In einem Verticalschnitte durch die Ventrikelwände sehe man zuerst einige vereinzelte Nervenfasern, welche dann mehr und mehr gedrängt und im Allgemeinen mit der Oberfläche parallel liegen. Hierauf beschränkten sich die von VIRCHOW im Jahre 1846 veröffentlichten Beobachtungen. Einige Jahre später (1853) verfocht er mit Entschiedenheit die Idee, dass in den Centralorganen des Nervensystems eine Grundsubstanz von bindegewebsartiger Natur weit verbreitet sei, welche alle ihre Elemente umhülle und mit einander verbinde [2]), und da diese Substanz nach VIRCHOW von allen anderen Arten des Bindegewebes ganz verschiedene Eigenschaften besitzt, so wolle er sie von denselben durch einen besonderen Namen unterscheiden und sie Nervencement oder Neuroglia nennen [3]). Sie erschien nach seiner Beschreibung als eine weiche, amorphe oder feinkörnige Substanz, in welcher in ziemlich bedeutender Menge rundliche oder linsenförmige Zellenelemente eingebettet liegen, ziemlich weich und zerbrechlich und mit feinkörnigem Inhalte, sowie grosse Kerne, auch von körnigem Aussehen. Das Knorpelgewebe und besonders das Schleimgewebe des Corpus vitreum bei jugendlichen Subjecten zeige ein ziemlich genaues Abbild des Baues der Neuroglia.

Aber die Ansicht VIRCHOW's, vielleicht weil sie nicht hinreichend durch die Beobachtung unterstützt zu werden schien, wurde damals nicht genug von den Histologen gewürdigt, und noch eine Reihe von Jahren hindurch herrschte bei ihnen die Meinung vor, dass alle Elemente des Gehirns nervöser Natur seien. HENLE [4]) besonders behauptete gegen VIRCHOW: 1) Die feinkörnige Substanz der Hirnrinde ist nervöser Natur und bildet gewissermaassen eine zusammenfliessende, nicht gesonderte Ganglienmasse. 2) Die Substanz selbst entspricht chemisch und histologisch dem Inhalte der Ganglienzellen und bildet eine Art von Matrix zur Bildung eben dieser Zellen [5]).

1) Zeitschrift für Psychiatrie, 1846, S. 242.
2) Archiv für pathol. Anat. und Physiol., Vol. VI, p. 136, 1853.
3) Gesammelte Abhandlungen, Frankfurt 1856.
4) HENLE, Allgem. Anatomie, S. 674.
5) R. WAGNER, in einer 1854 publicirten Arbeit (Göttinger Nachrichten, No. 3) neigte sich der Ansicht VIRCHOW's über das Bestehen einer sehr verbreiteten Bindegewebssubstanz zu, wollte aber auch mit HENLE übereinstimmen und brachte so über diesen Gegenstand allzu unbestimmte Ideen vor. Denn während er behauptete, die feinkörnige Substanz der Hirnrinde müsse aus der Klasse der Nervenelemente ausgeschieden werden, nahm er gleichzeitig mit HENLE an, die feinkörnige Substanz entspreche chemisch und histologisch dem Inhalte der Ganglienzellen und verhalte sich wie eine Matrix derselben; er schloss, die körnige Substanz erfülle die beiden genannten Zwecke. Später (Göttinger Nachr. 1859, No. 6) trat er denen bei, welche

Vorzüglich durch die Untersuchungen BIDDER's und einiger seiner Schüler[1]) wurde die Lehre von dem Vorhandensein einer sehr verbreiteten Bindesubstanz in den Centralorganen des Nervensystems gefördert, und wenn sie nicht allgemein angenommen wurde, so zog sie doch die allgemeine Aufmerksamkeit der Histologen auf sich.

Die Untersuchungen BIDDER's bezogen sich unmittelbar nur auf das Rückenmark, hatten aber doch auch für das Gehirn grossen Werth, denn da man allgemein eine grosse Aehnlichkeit des Baues zwischen der grauen und gelatinösen Substanz des Rückenmarks annimmt, wo eben nach BIDDER das Bindegewebe und die graue Hirnsubstanz in Menge vorhanden ist, so müssen die im Rückenmark beobachteten Thatsachen auch auf das Gehirn anwendbar sein. Von da an wurden die Untersuchungen zahlreicher, gelangten aber zu verschiedenen Resultaten.

JACUBOWITSCH[2]) behauptete in entschiedenem Widerspruch gegen BIDDER, weder das Gehirn noch das Rückenmark enthielten Bindegewebszellen, und das interstitielle Gewebe (welches er übrigens als Bindegewebe betrachtet) sei eine vollständig amorphe, feinkörnige Masse, hier und da netzförmig angeordnet, aber ganz ohne Elemente, welche Körperchen ähnlich seien. LEIDIG[3]) giebt die diffuse Bindesubstanz im ganzen Gehirn und Rückenmark zu und beschreibt sie als eine feinkörnige Masse mit unregelmässig zerstreuten Kernen, worin sich Höhlungen befinden, in welche die Nervenfasern eingebettet liegen. LENHOSSEK[4]) erklärt sich mit Virchow einverstanden in Betreff des Vorhandenseins der bindegewebigen Grundsubstanz und fügt einige Einzelheiten über die Anordnung des Bindegewebsstromas der Auskleidung der Fossa rhomboidalis, der Wände des dritten Ventrikels und der Seitenventrikel hinzu. BERLIN[5]) nennt die interstitielle Substanz »moleculär«, spricht aber seine Meinung über die Natur derselben nicht aus. Er scheint sie jedoch für nervöser Natur zu halten, denn ähnlich dem, was GERLACH im Kleinhirn entdeckt zu haben glaubte, will er gefunden haben, dass die Nuclei, welche in der Hirnrinde zerstreut liegen, in Verbindung mit den Nervenfasern stehen.

Mit M. SCHULTZE[6]) beginnt für das Studium der interstitiellen Substanz des Gehirns eine neue Periode. Bis jetzt haben wir gesehen, dass diese Substanz, mochte man ihr Wesen für bindegewebsartig oder nervös erklären, allgemein als amorph und feinkörnig beschrieben wurde, und dass auch diejenigen, welche sie für Bindegewebe hielten, ihr doch einen ganz anderen Bau zuschrieben, als allen anderen Arten des Bindegewebes, so dass VIRCHOW, um diese Verschiedenheit anzudeuten, ihr den Namen Neuroglia beilegte. Nach den Beobachtungen SCHULTZE's würde dieser grosse Unterschied zwischen dem Bindegewebe des Nervensystems und dem der anderen Körpertheile zum grossen Theile verschwinden. Nach SCHULTZE ist die sogenannte feinkörnige Substanz der Hirnrinde echtes Bindegewebe; sie sei indessen nicht wirklich körnig, sondern erscheine nur so, wenn sie bei mässiger Vergrösserung betrachtet werde. Bei einer Vergrösserung von 600 bis 800 Durchmessern bemerke man, dass das körnige Aussehen durch ein feines Fasernetz hervorgebracht werde, welches sich von dem Bindegewebsnetze der zusammengesetzten Drüsen nur durch seine viel grössere Feinheit unterscheide. Er gelangte zu dieser Ansicht durch seine Untersuchungen über die Retina, indem er beobachtet hatte, dass das Molcecularstratum dieses Organs, dessen Gleichheit mit dem körnigen Stratum des Gehirns allgemein angenommen wird, eben diesen netzförmigen Bau aufweist.

Diese Ansicht SCHULTZE's über den Bau der Hirnrinde wurde durch die Beobachtungen anderer Histologen erst mehrere Jahre später unterstützt; zu Anfang wurde sie nicht sehr günstig aufgenommen.

---

alle Elemente der grauen Substanz für nervös erklären. Indem er sich auf seine Untersuchungen über die Ausbreitungen der Nerven in den elektrischen Organen stützte, behauptete er, die feinkörnige Substanz sei wie eine Ausbreitung reiner Nervensubstanz, welche als eine zusammenfliessende Gangliensubstanz zu betrachten sei. Er nannte sie „die centrale Deckplatte“ und nahm an, dass aus der Deckplatte des Kleinhirns mit feinen, direct aus der Molecularmasse entstehenden Wurzeln die grossen schlauchartigen Zellen dieses Organs entsprängen, auf dieselbe Weise, wie nach seinen Beobachtungen die Axencylinder der elektrischen Nerven sich durch feine Verzweigungen in die elektrischen Platten fortsetzen.

1) BIDDER und KUPFFER, Untersuchungen über die Textur des Rückenmarks und die Entwickelung seiner Formelemente, Leipzig 1857.

2) Mittheilungen über die feinere Structur des Gehirns und Rückenmarks, Breslau 1857. — Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1858, Vol. 47.

3) Lehrbuch der Histologie, Frankfurt 1857, S. 890.

4) Beiträge zur Erörterung der histologischen Verhältnisse des centralen Nervensystems. Sitzungsber. der math. und naturw. Klasse der K. Akad. der Wissensch., 1858, Vol. 30.

5) R. BERLIN, Beitrag zur Structurlehre der Grosshirnwindungen, Erlangen 1858.

6) MAX SCHULTZE, Observationes de retinae structura penitiori, Bonn 1859.

Auch STEPHANY[1]) beschrieb in der Hirnrinde überall da, wo man die körnige Substanz annahm, ein Netz von sehr feinen Fäden, welches er Terminalnetz nannte, aber er unterscheidet sich von SCHULTZE vor allem darin, dass er das Netz nicht für bindegewebig, sondern für nervös hält, und glaubt, dass es die Verbindung der Ausläufer der Ganglienzellen mit den Nervenfasern herzustellen bestimmt sei; ferner soll das STEPHANY'sche Netz bei weitem weniger fein sein, als das von SCHULTZE, da es schon bei 300 Durchmessern deutlich sichtbar sei.

HENLE fuhr in den zahlreich von ihm herausgegebenen Berichten[2]) fort, seine alte Ansicht festzuhalten, dass nämlich die ganze feinkörnige Masse der grauen Substanz nervöser Natur sei; die netzförmigen Formen SCHULTZE's und STEPHANY's erklärte er für Kunstproducte. HENLE stimmte UFFELMANN[3]) vollkommen bei; auch dieser erklärte den netzförmigen Bau für künstlich erzeugt und die feinkörnige Substanz für nervös.

KOELLIKER[4]) war der erste, welcher der Ansicht SCHULTZE's über die Interstitialsubstanz des Gehirnes beitrat, und vielleicht der einzige, welcher es ohne Beschränkung that. Er erklärt, dass es kein Netz giebt, wie es STEPHANY beschreibt, das also bei einer Vergrösserung von 300 sichtbar würde; das von ihm beobachtete Netz sei nur bei den stärksten Vergröserungen sichtbar (n. 10, Hartnack). In der weissen Substanz sei das Netz hinreichend deutlich und regelmässig, indem die Weite der Maschen der Dicke der Nervenfasern entspreche. In der grauen Substanz, und besonders an der Oberfläche des Gehirns, sei es von solcher Feinheit, dass zu seiner Erkennung die günstigsten Umstände zusammentreffen müssten. Die nervösen Elemente seien zwischen den Maschen dieses Netzes angeordnet. Wenn diese Elemente selten sind, oder ganz fehlen, wie an einigen Stellen der grauen Substanz, so entsteht ein zusammenhängendes Gewebe von feinkörnigem Aussehen, mit hie und da eingestreuten Kernen, worin keine anderen Höhlungen vorhanden sind, als die, welche die Gefässe enthalten, und äusserst kleine, leere Zwischenräume, welche man nicht mit Sicherheit erkennen kann.

Wenn wir uns jetzt zu den neuesten Histologen wenden, welche bei ihren Untersuchungen die Fortschritte der modernen mikroskopischen Technik benutzen konnten, finden wir zwar eine grössere Uebereinstimmung in den Ansichten, aber doch nicht so sehr, als wir bei der grösseren Menge und Feinheit der Beobachtungsmittel hätten erwarten können. Das Vorhandensein von Bindegewebstheilen im Gehirn ist nicht mehr fraglich, denn Alle nehmen einige Bindegewebselemente an, aber in Bezug auf den Bau der interstitiellen Substanz, welche frisch und mit Hülfe der gewöhnlichen Präparationsmittel feinkörnig erscheint, sehen wir mehr oder weniger alle die früheren Ansichten wieder auftreten.

GERLACH[5]) beschreibt die Neuroglia im Allgemeinen als halbflüssige, durchscheinende, amorphe Substanz und schreibt ihr die Function zu, die Nervenzellen und -fasern zu stützen. Das feinkörnige Aussehen betrachtet er als die Wirkung einer durch die Präparationsmethode hervorgebrachten Verdickung und Gerinnung. — WALTHER[6]), welcher das Gehirn des Frosches und Kaninchens an Schnitten aus dem lebenden Thiere studirte, indem er das Organ durch Pulverisation mit Aether gefrieren liess, erklärt die interstitielle Substanz mit Bestimmtheit für flüssig und leitet ihr feinkörniges Aussehen von der Zerstörung der Ganglienzellen her. Er glaubt ausserdem, die grosse Festigkeit, welche das Gehirn in der Leiche annimmt, rühre von der nach dem Tode eingetretenen Gerinnung her. BESSER[7]) studirte das Gehirn von dem besonderen Gesichtspunkte der Entwickelung seiner Elemente aus und beschreibt die Rindensubstanz als ein aus äusserst feinen, weichen und kurzen, fast punktförmigen Theilchen bestehendes Gewebe, welche sich zu einem dichten Netze verbinden. Nach MEYNERT[8]) zeigt die Hirnrinde zwischen den Formelementen ein ganz gleichförmig

---

1) EDM. STEPHANY, Beiträge zur Histologie der Rinde des grossen Gehirns, Dorpat 1860.
2) Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie, 1857, S. 37; 1860, S. 55.
3) Zeitschrift für rationelle Medicin, 1862.
4) Handbuch der Gewebslehre, Leipzig, 4. Aufl. 1862, 5. Aufl. 1867.
5) Ueber die Kreuzungsverhältnisse in dem centralen Verlaufe des N. hypoglossus. Zeitschrift für die rationelle Medicin, Bd. 34.
6) Eine neue Methode der Untersuchung des centralen Nervensystems. Centralbl. für die med. Wissenschaft. No. 29, 1868.
7) Zur Histogenese der nervösen Elementartheile. VIRCHOW's Archiv, Bd. 36.
8) Der Bau der Grosshirnrinde und ihre örtlichen Verschiedenheiten, Leipzig 1868. — Vierteljahrsschrift für Psychiatrie, und Wiener med. Jahrb. 1869.

punktirtes Gewebe, welchem er die nervöse Natur abspricht, was er daraus schliesst, dass die Dicke der feingranulirten Schichten in der Klasse der Säugethiere in umgekehrtem Verhältnisse zu den an Nervenzellen reichen Schichten steht, so dass z. B. in dem Gehirne des Menschen, wo die Nervenzellen in grosser Menge vorhanden sind, die feinkörnige Substanz viel sparsamer vorkommt, als bei den anderen Säugethieren, welche dagegen viel weniger Nervenzellen besitzen.

STIEDA [1]), offenbar um sich an die verschiedenen Meinungen anzuschliessen, unterscheidet zwei Formen von Bindesubstanz, eine körnige, welche sich in der grauen Substanz vorfindet, und eine netzförmige, aus einem Netze von anastomosirenden Zellen bestehend, in der weissen Substanz. Ausserdem finde sich an einigen Stellen, z. B. in der Nähe der Centralhöhlen des Gehirns und Rückenmarks noch eine dritte, gleichsam eine Uebergangsform zwischen den beiden ersteren, so dass es oft unentschieden bleiben müsse, ob man eine Grundsubstanz körnig oder netzförmig nennen solle.

Im Gegensatze zu allen bis jetzt genannten Beobachtern, und in Uebereinstimmung mit SCHULTZE und KOELLIKER betrachtet ARNDT [2]) die Rindensubstanz des Gehirns als aus sehr feinen, mit Körnchen bedeckten Fasern bestehend, ohne freie Körnchen und ohne amorphe Interstitialsubstanz; aber im Gegensatz auch gegen SCHULTZE und KOELLIKER betrachtet er die ganze interstitielle Substanz der Hirnrinde, welche er körnig-faserig nennt, als nervöser Natur. Wenn er sonst im Allgemeinen von der interstitiellen Substanz der Centralorgane des Nervensystems spricht, glaubt er zwei wesentlich verschiedene Formen unterscheiden zu müssen: die netzförmige Substanz der Stränge des Rückenmarks, der Medulla elongata, der Brücke etc. seien Bindegewebe, während die ganze körnig-faserige Substanz der grauen Schichten zu dem Nervensystem in strengem Sinne gehöre. In dieses gehen nach dem Verfasser die verästelten Fortsätze der Ganglienzellen über, darum giebt er ihm den Namen »terminales Fibrillarnetz«. Zu gleicher Zeit nimmt jedoch ARNDT an der Oberfläche der Hirnrinde das Vorhandensein einer Schicht von Bindegewebsfasern an, welche vorwiegend in paralleler Richtung zu der Oberfläche der Hirnwindungen liegen. Ebenso nehmen auch HENLE und MERKEL in der im Jahre 1868 von ihnen publicirten interessanten Arbeit [3]), während sie die zwischen den Nervenzellen der grauen Schichten liegende Substanz »molecular« nennen und sie für nervös zu erklären fortfahren, zugleich an, dass an der Oberfläche der Hirnrinde nervöse Fasern, welche aus der Medullarsubstanz entspringen, ein Geflecht mit Bindegewebsfasern bilden, welche sich daselbst vorfinden.

Endlich verdienen noch einige von ROTH [4]) im Jahre 1869 publicirte Beobachtungen besondere Erwähnung, da sie, ausser der Frage über die Bindesubstanz, auch andere strittige Punkte aus der mikroskopischen Anatomie des Gehirns behandeln. ROTH beobachtete, dass an den Wänden von Gefässen, welche aus Stücken von Rindensubstanz, die einige Tage in einer schwachen Auflösung von doppeltchromsaurem Kali gelegen hatten, ausgezogen wurden, nicht nur Flocken von körniger Substanz, sondern auch viele feine, weiche, feinkörnige Fäserchen festhingen, von 0,03 mm Länge. Sie gingen von den Gefässwänden mit einer trichterförmigen Verdickung aus und traten bisweilen in sternförmige Zellen ein. In mit Chromsäure behandelten Hirnschnitten sieht man nach ROTH dieselben Fasern die perivasculären Lymphräume radial durchsetzen und auf diese Weise eine Verbindung zwischen den Wänden der Blutgefässe und denen der Lymphgefässe herstellen, welche durch eine verdickte Zone des schwammigen Gewebes begrenzt werden. Die Radialfasern, welche verschwinden, ohne in dem feinen Netze der schwammigen Substanz eine Spur zu hinterlassen, wurden von ROTH niemals in Verbindung mit Kernen oder Zellen gefunden. Dieser Befund bestätigt nach ROTH das Vorhandensein der Perivasculärräume von HIS und beweist zugleich, dass in diesen Räumen ein ähnliches Netz vorhanden ist, wie man es in anderen Lymphorganen findet.

II.

Aus dieser kurzen Darstellung der Resultate, zu welchen verschiedene Beobachter gelangt sind, lässt

1) Zeitschrift für wissensch. Zoologie, Bd. 18 und 19.

2) Studien über die Architektonik der Grosshirnrinde. SCHULTZE's Archiv, Bd. 3, S. 441; Bd. 4, S. 407; Bd. 5, S. 317.

3) J. HENLE und F. MERKEL, Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. für rat. Med., Bd. 34, H. 1, S. 49, 1868.

4) Zur Frage von der Bindesubstanz in der Grosshirnrinde. Archiv f. path. Anat. und Physiol., Bd. 46, S. 243.

sich leicht ersehen, dass der Streit noch weit von seiner Entscheidung entfernt und die Aussicht für fernere Untersuchungen keineswegs abgeschlossen ist.

Der Ausgangspunkt zu den Untersuchungen, mit welchen sich die vorliegende Arbeit beschäftigt, waren einige von mir beobachtete Thatsachen, als ich mich von dem Vorhandensein des perivasculären Lymphnetzes im Gehirn überzeugen wollte, welches zuerst (1868) von HENLE und MERKEL [1]) erwähnt und später (1869) von ROTH ausführlich beschrieben worden war.

Da ich beabsichtigte, solche Präparate zu erhalten, wie sie von ROTH beschrieben werden, so hielt ich mich zuerst genau an seine Präparationsmethode (zuerst halb- bis zweistündiges Eintauchen in eine Osmiumsäurelösung von 0,2 bis 0,5%, dann einige Stunden lang in absoluten Alkohol; nachdem das Stück auf diese Weise gehärtet ist, wird es in Lavendelöl durchscheinend gemacht und in Paraffin geschnitten, um die Schnitte regelmässiger zu machen; dieselben werden dann in Kanadabalsam untersucht) und ich erhielt auf diese Weise wirklich einige Präparate, welche einigermaassen der Beschreibung ROTH's von dem Lymphraume und dem perivasculären Netze entsprachen. Aber die Unbeständigkeit dieser Resultate, die Thatsache, dass die Gefässe gewöhnlich eingeschrumpft und leer erschienen, dass sie meistens an die Wand des Kanals angelehnt waren, welcher von einer dunklen Zone von Nervensubstanz begrenzt erschien; dass ferner die Scheide oft unregelmässig nach diesen Wänden hin verzerrt erschien, so dass sie ein- und ausspringende Winkel bildete: dies Alles liess mich bald vermuthen, der Befund ROTH's sei zum grossen Theil ein Product seiner Präparationsmethode. -- Die zwischen der äussersten Grenze der Hirnsubstanz und der Lymphscheide der Gefässe liegenden Räume waren allerdings von dünnen Bälkchen durchsetzt, aber diese zeigten durchaus nicht die von ROTH beschriebene und gezeichnete Regelmässigkeit, sondern glichen mehr unregelmässigen, durch den Alkohol erzeugten Niederschlägen und Gerinnseln, als Bindegewebsfasern, und wenn auch einige solchen ähnlich waren, so konnte man sie doch nicht als einen hinreichenden Beweis für das Vorhandensein eines perivasculären Lymphnetzes betrachten.

Um einen Befund zu erhalten, welcher solchen Einwürfen nicht ausgesetzt wäre, änderte ich die Präparationsmethode auf folgende Weise ab.

Ich bediente mich ebenfalls der Osmiumsäure, welche besonders für das Nervensystem eines der kostbarsten Reagentien ist, weil es, ohne Aenderungen in der Form und Lage der Elemente hervorzubringen, die Gewebe in wenigen Stunden härtet und ausserdem das Fett und die Nervenfasern intensiv schwarz und die anderen Elemente mehr oder weniger dunkelbraun färbt, und liess den Alkohol weg, welchen ich aus langer Erfahrung als ganz ungeeignet zu der Untersuchung der Nervengewebe erkannt hatte.

Ein Stück Hirnsubstanz von der Grösse eines halben oder ganzen Kubikcentimeters zeigt, wenn es in einer $^1/_2$- bis 1-procentigen Osmiumsäurelösung gelegen hat, schon nach 4—6 Stunden an seinem ganzen Umfange auf ungefähr ein Viertel seiner Dicke eine dunkelbraune Farbe und wird hinreichend gehärtet, so dass man kleine, feine Schnitte machen kann, und wenn man die Eintauchung auf 12—24—48 Stunden ausdehnt, so wird das ganze Stück intensiv schwarz und seine Consistenz zum Schneiden sehr geeignet.

Wenn man feine Schnitte der so behandelten Rindensubstanz unter Zufügung von Glycerin unter dem Mikroskope betrachtet, sieht man, dass das Hirngewebe mit zahlreichen rundlichen, ovalen oder sternförmigen Zellen bestreut ist, von welchen nach verschiedenen Richtungen zahlreiche, ziemlich lange, sehr feine und niemals verzweigte Verlängerungen ausgehen [2]). Diese fadenförmigen Verlängerungen, welche in wohlgelungenen Präparaten durch die Einwirkung des Reagens sehr dunkelbronze gefärbt erscheinen, gehen von dem

1) L. c.

2) Die ersten Präparate, welche noch vorhanden sind und das hier Vorzutragende beweisen, stammen aus dem Gehirne eines drei Monate alten Kindes, welches beginnende fettige Degeneration der das interstituelle Stroma bildenden Bindegewebszellen zeigte. Ich erwähne diesen Umstand ausdrücklich, weil ich bei meinen ferneren Untersuchungen, obgleich ich immer auf dieselbe Weise verfuhr, auf grosse Schwierigkeiten stiess, gleichartige Resultate zu erhalten, und dadurch fast zu der Annahme verleitet wurde, die grosse Menge von Bindegewebszellen mit zahlreichen Fortsätzen, welche ich damals beobachtet hatte, für eine pathologische Erscheinung zu halten; aber dieser Zweifel wurde bald beseitigt, als ich die Präparate genauer untersuchte und leicht auspinselte. Ich überzeugte mich so, dass die damals beobachtete Thatsache beständig und normal sei. Nur bemerkte ich, dass bei vorhandener Fettentartung des interstitiellen Bindegewebes, welche bei Kindern ziemlich häufig vorkommt, die Fortsätze der Zellen, wenigstens die stärksten, ebenso wie das Protoplasma mit Fettkörnchen besetzt sind und durch die Einwirkung der Osmiumsäure auf das Fett eine dunkelbraune Farbe annehmen, so dass die Filamente viel mehr hervortreten, als wenn keine Spur von Fettentartung vorhanden ist.

ganzen Umkreise des Protoplasmas der Zelle aus; einige anastomosiren mit Verlängerungen benachbarter Zellen, andere verlieren sich, ohne dass man ihren weiteren Verlauf bestimmen kann, und viele verlaufen nach den Wandungen der Gefässe, sowohl der Capillaren, als derjenigen von mittlerer Stärke (besonders nach diesen) und setzen sich entweder unmittelbar an ihre Wände an, wenn sie capillär sind, oder an die Lymphscheide, wenn die Gefässe von stärkerem Durchmesser sind. An einigen Stellen, wahrscheinlich da, wo die Osmiumsäure am besten eingewirkt hat, sind die Zellen und die fadenförmigen Fortsätze in so grosser Zahl vorhanden, dass das ganze Gesichtsfeld des Mikroskops sich mit einem dichten Fadennetz erfüllt zeigt, und die Umgebung der Gefässe von einem dichten, ziemlich regelmässigen Gehege von Fäden begrenzt erscheint (Fig. 4).

Die Länge der Fäden, welche sich an die Gefässe ansetzen, ist ganz unbestimmt, denn bald kommen sie von nur wenige Mikromillimeter entfernten Zellen her, bald entspringen sie von Zellen, welche 2, 3, 4 Zehntelmillimeter von dem Gefässe entfernt liegen. Niemals geschieht es, dass sie, anastomosirend, regelmässige, rundliche Maschen bilden; sie verlaufen immer geradlinig, und die seltenen Anastomosen finden immer zwischen den Fortsätzen verschiedener Zellen statt, welche aus entgegengesetzten Richtungen einander begegnen. Nicht selten beobachtet man, dass einige Fäden von Zellen ausgehen, welche in unmittelbarer Berührung mit den Gefässen liegen, und einige von diesen Fäden setzen sich an benachbarte Gefässe an und sehen aus wie zwischen beiden Gefässen ausgespannte Stränge.

Wenn die Schnitte in vollkommen horizontaler Richtung geführt sind, sieht man vorwiegend quer durchschnittene Gefässe von rundlicher oder ovaler Gestalt, nach welchen die Fortsätze der hier und da in der umgebenden Hirnsubstanz zerstreuten Bindegewebszellen zusammenlaufen. In Verticalschnitten verlaufen die Gefässe meist horizontal, und an ihren Rändern sieht man deutlicher, als an Horizontalschnitten, die Ansatzpunkte der Fäden. Wenn die Gefässe von der Scheide umgeben sind, so entspricht der Ansatz gewöhnlich kleinen Hervorragungen, welche diese nach aussen bildet. Sowohl in Vertical- als in Horizontalschnitten bildet sich also, da einige Zellenfortsätze in senkrechter, andere in mehr oder weniger schiefer Richtung an die Wand des Gefässes herantreten, in dessen Nähe eine unregelmässige Durchkreuzung von Fäden. Es ist besonders bemerkenswerth, dass man in diesen Präparaten niemals eine Lostrennung, oder einen leeren Raum zwischen den Gefässwänden und dem Hirnparenchymen bemerkt, sondern beide liegen genau aneinander und bilden fast ein fortlaufendes Gewebe.

Um mit möglichst grosser Genauigkeit die Anordnung des Bindegewebes im Gehirn zu bestimmen, bemühte ich mich, genau senkrechte Schnitte der Hirnrinde zu erhalten, wobei ich auch die Pia mater in den Schnitt einbegriff und an ihrer Stelle erhielt. Wenn die Schnitte wohl gelungen sind, bemerkt man, dass Bindegewebszellen mit zahlreichen, langen Fortsätzen in grosser Zahl über die Hirnrinde zerstreut sind und hier eine fast ausschliesslich bindegewebige Schicht bilden. Die Fortsätze bilden daselbst ein so dichtes, unregelmässiges Geflecht, dass man nicht wohl unterscheiden kann, in welcher Beziehung sie zu den Gefässen stehen, doch scheint es klar, dass letztere von Bindegewebsfasern und Zellen dicht umgeben sind. Die Schicht von Fasern, welche vorwiegend einer horizontalen Richtung in Bezug auf die Windungen folgen, wie es in einigen neueren Arbeiten erwähnt wird, soll ganz aus Zellen mit zahlreichen, langen, gewöhnlich starren Fortsätzen bestehen. Diese Fortsätze haben in der That eine vorzugsweise horizontale, mithin mit der Oberfläche der Windungen parallele Richtung; aber eine bedeutende Zahl derselben steigt auch senkrecht hinab, auf ähnliche Weise, wie man es deutlicher und regelmässiger im Kleinhirn beobachtet. Die Pia mater hängt genau an dieser Schicht fest, wie ich es in der Folge genauer beschreiben werde, und zwar durch Zellenfortsätze, welche theils von der Pia mater selbst, theils vorzugsweise von der Hirnrinde ausgehen. Nach und nach, wie man von der Oberfläche zu den tieferen Schichten der Hirnrinde, also zu den Schichten hinabsteigt, wo sich die Nervenzellen befinden, nimmt die Zahl der Bindegewebszellen ab, zugleich werden die Fasern seltener und weniger deutlich, und das interstitielle Gewebe nimmt das bekannte, körnige Aussehen an. Ob nun dieses Aussehen wirklich davon herrührt, dass das interstitielle Gewebe ganz aus feinen Körnchen, oder aus einer durch Veränderung in der Leiche körnig gewordenen Substanz besteht, oder ob dieses Gewebe überall vorwiegend faserig ist und nur körnig scheint, weil die äusserst feinen, weichen und aneinander gedrängten Zellenfortsätze anscheinend ein zusammenhängendes Ganzes von körnigem Aussehen bilden, oder ob sie endlich, gerade wegen ihrer ausserordentlichen Weichheit und Feinheit, sich zu einem

körnigen Stoffe umbilden, das sind Fragen, welche sich mit Hülfe der beschriebenen Präparationsmethode nicht entscheiden lassen. Die Untersuchung von Schnitten durch mit Osmiumsäure behandelte Stücke, besonders bei ganz frischen Gehirnen, liessen mich allerdings zweifeln, ob das interstitielle Stroma vorwiegend aus den erwähnten Zellen und ihren zahlreichen Verlängerungen bestehe, aber dieser Befund war nicht deutlich genug, um begründete Schlüsse daraus ziehen zu können.

Wenn ich das mit Osmiumsäure Erreichte zusammenfasse, so wäre ich also im Stande, zu beweisen:

1) dass die dünne, ganz oberflächliche Schicht der Hirnrinde, mit Ausnahme einiger Bündel von Nervenfasern, welche aus der Medullarsubstanz dahin gelangen, ausschliesslich aus Bindegewebszellen besteht, welche mit einer grossen Zahl feiner, langer, meist steifer, nicht verzweigter Fortsätze versehen sind;

2) dass Zellen von gleicher Beschaffenheit in beträchtlicher Zahl über alle Schichten der Hirnrinde zerstreut sind, wo sie ein zusammenhängendes Stützgewebe bilden;

3) dass viele Fortsätze der Bindegewebszellen sich an die Gefässwände anheften, und dass weder der perivaskuläre Zwischenraum, noch das Lymphnetz vorhanden sind, welche HENLE und MECKEL, sowie ROTH beschrieben haben.

Nun kam es mir darauf an, 1) durch Isolirung mittelst Zerzupfung die Form der Bindegewebszellen genauer darzustellen, 2) durch andere Präparationsmethoden die mit Hülfe der Osmiumsäure erhaltenen Befunde zu controliren, und den Bau des interstitiellen Stromas der tieferen Schichten der Hirnrinde weiter zu untersuchen, und endlich 3) auch die interstitielle Substanz des Medullartheils des Gehirns zu studiren.

Die Zerzupfung der frischen Substanz gab mir, wie zu erwarten war, Resultate, welche von denen anderer Beobachter wenig abweichen. Ich beobachtete nämlich rundliche und ovale Formen, von 8—12 μ Durchmesser, mit sehr durchscheinendem, feinkörnigem Protoplasma, gewöhnlich mit einem, bisweilen mit zwei Kernen von deutlichem Umrisse und ebenfalls körnigem Aussehen. Nicht selten findet man Flocken von körnig-faseriger Substanz, welche man, da sie an dem Protoplasma der Zellen festhängen, mit Grund für Fortsätze dieser Zellen halten könnte. Aber da die diese Fäden überziehenden Körperchen in grösserer Menge in der Nähe des Protoplasmas angehäuft sind, so bilden sie ein Hinderniss für die sichere Entscheidung, ob diese Filamente Fortsätze der Zellen sind, oder ob sie nur zufällig an den Zellen festhängen.

Wenn die Isolirung der Zellen gelingen soll, so muss eine sehr leichte Erhärtung vorhergegangen sein, so dass das Zellprotoplasma und die zugehörigen sehr feinen und zerbrechlichen Fortsätze den immer rohen Zerrungen widerstehen, denen sie bei der Präperation ausgesetzt sind.

Anfangs erreichte ich meinen Zweck ziemlich gut, wenn ich Stückchen von Hirnsubstanz zerriss, welche 2—4 Tage in MÜLLER'scher Flüssigkeit, dann 6—12 Stunden in Jodserum gelegen hatten und dann mit Karmin gefärbt worden waren; später erhielt ich beim Gebrauch einer sehr verdünnten Bichromatlösung noch viel bessere Resultate. Wenige Stunden der Eintauchung reichen bei kleinen Stückchen hin, um eine merkliche Härtung hervorzubringen, aber am besten lässt man sie 2 oder 3 Tage darin zubringen; übrigens kann man auch noch nach 7—8 und mehr Tagen ziemlich befriedigende Resultate erreichen. — Man nimmt ein kleines Theilchen des zu untersuchenden Stückes, und ehe man es der Zerzupfung unterwirft, taucht man es in einen Tropfen neutraler Karminlösung und lässt es 5—10 Minuten darin, bis es sich gleichmässig roth gefärbt hat. Dann wäscht man es in Wasser oder Glyzerin und untersucht es dann, indem man als Untersuchungsflüssigkeit ebenfalls Karmin anwendet. Die Tränkung mit neutralem Karmin übt offenbar einen günstigen Einfluss aus, sei es dass sie den Zusammenhang der Elemente weniger zähe und darum die Zerreissung leichter macht, sei es dass sie die Form der Elemente selbst besser hervortreten lässt.

Indem ich nun nach der eben beschriebenen Methode feine Zerzupfungen der Hirnrinde ausführte, gelang es mir, eine grosse Zahl eleganter Bindegewebszellen zu isoliren, mit 10—15—30 sehr feinen, langen, nicht oder sehr selten verästelten Fortsätzen. Die seltenen Theilungen der Filamente finden immer in geringer Entfernung von dem Abgangspunkte vom Umfange der Zelle statt, und niemals bemerkt man mehr als zwei oder drei secundäre Verästelungen, welche ebenfalls sehr lang und ungetheilt sind. Diese Zellen haben etwas verschiedene Eigenschaften, je nachdem sie der oberflächlichsten Schicht der Rinde der Hirnwindungen oder dem tiefen Stratum angehören.

Die ersten sind oft verlängert und sehr unregelmässig; ihr Protoplasma enthält oft Körnchen von gelbem Pigment, der Kern zeigt oft eine ovale, sehr verlängerte Gestalt, und da die Fortsätze stark, steif und etwas glänzend sind, so haben sie einige Aehnlichkeit mit elastischen Fasern. Wenn die Zerzupfung sehr vorsichtig ausgeführt wird, so erhält man Zellen mit Fortsätzen von 0,2 bis 0,4 mm Länge.

Die Bindegewebszellen der tiefen Schichten sind oft rundlich und ziemlich regelmässig; der Kern ist rund, ihr Protoplasma ziemlich sparsam, weich und feinkörnig; die Fortsätze, sehr dünn und weich, haben ebenfalls ein feinkörniges Aussehen, welches an das der letzten Verzweigungen der sog. protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen erinnert.

Die Leichtigkeit, mit welcher es gelingt, die Bindegewebszellen der oberflächlichen oder der tiefen Schicht zu isoliren, steht im Verhältniss zu dem kräftigen Baue derselben. An der Oberfläche braucht man nur mit der Klinge eines Bisturis nach Wegnahme der Pia mater die freie Oberfläche zu schaben und die weggenommene Substanz gröblich zu zerzupfen, um, vorzüglich an den Gehirnen alter Leute, die oben beschriebenen Zellformen in grosser Menge zu erhalten. In den tiefen Schichten dagegen erreicht man seinen Zweck nur mit der grössten Mühe, und besonders nur dann, wenn die Gehirnstückchen in ganz frischem Zustande in die verdünnte Bichromatlösung eingebracht worden sind.

Bei diesen Zerzupfungspräparaten, oder auch wenn man mit einer Pincette die Gefässausbreitungen aus dem Hirnparenchym herausreisst, kann man die von ROTH beobachtete Thatsache wahrnehmen, dass nämlich zahlreiche Fäden oder Flocken von körnig-fasriger Substanz bisweilen in grossen Stücken am ganzen Umfange der Gefässwände festhaften, nur dass man nicht, wie ROTH schreibt, Fäden von nur 30 μ Länge, sondern viel längere beobachtet, welche übrigens ihrer Länge und Form nach genau den Fortsätzen der Bindegewebszellen entsprechen. Nicht selten sieht man diese Faserbündel von Zellen ausgehen, welche sich hinter den Gefässwänden befinden und mit ihnen eng verbunden sind.

Zur weiteren Untersuchung des Baues und der Anordnung des Bindegewebsstromas des Gehirns, das heisst zur genaueren Bestimmung der Verhältnisse der Bindegewebszellen zu den Gefässen, zur Dura mater und zu den Nervenelementen, und zur Erlangung weiterer Aufklärung über die Frage, ob das interstitielle Stroma vorwiegend oder nur zum kleinsten Theile aus Bindegewebszellen oder -fasern besteht, diente mir in unerwarteter Weise dieselbe sehr verdünnte Auflösung von doppeltchromsaurem Kali (zu 0,025 bis 0,050 Proc.), welche ich für die Zerzupfungspräparate angewendet hatte.

Während man mit den gewöhnlichen Bichromatlösungen (MÜLLER'sche Flüssigkeit, und einfache Lösung zu 2—3 Proc.) gute Schnitte erst nach zwanzig- bis dreissigtägiger Eintauchung erhalten kann, geben die sehr verdünnten Lösungen nach einer Immersionsdauer von 4, 3, 2 und selbst einem einzigen Tage, wenn die Gehirne ganz frisch sind, den Stücken eine besondere Festigkeit, so dass sie feine Schnitte erlauben und nach der schnellen Imbibitionsmethode in neutralem Karmin den Bau des Hirnparenchyms besser erkennen lassen, als es mit irgend einem anderen Reagens oder mit anderen Methoden möglich ist. — Aber um eine möglichst gute Härtung zu erreichen, muss man die Eintauchung fortsetzen, indem man die Concentration der Lösung allmählich ein wenig erhöht, und vorzüglich ist es nöthig, mag man diese Concentrationsänderungen vornehmen oder nicht, täglich oder jeden zweiten Tag die Flüssigkeit zu wechseln; auch ist es wichtig, dass die Hirnstückchen klein sind und in vieler Flüssigkeit schwimmen. — Wenn man diese Vorsichtsmassregeln vernachlässigt, so tritt leicht Fäulniss ein, oder wenigstens bilden sich schnell Pilze, welche, wenn sie die Präparate nicht ganz vernichten, doch die Beobachtung bedeutend stören.

Ausserdem fand ich, um einige Einzelheiten des Baues besser hervortreten zu lassen, eine zarte Auspinselung sehr vortheilhaft, oder, als deren Ersatz, ein einigermaassen lebhaftes Schütteln der Schnitte vor oder nach der Karmintränkung, in einem Gefäss, welches Wasser oder eine Mischung von Wasser mit Glyzerin enthielt.

Obgleich man in solchen Schnitten die Bindegewebszellen mit zahlreichen Fortsätzen nicht ebenso deutlich sieht, wie in den beschriebenen Osmiumpräparaten, so bieten sie dennoch eine klarere Anschauung, denn bei aufmerksamer Prüfung sieht man überall ebensolche Zellen, wie man sie durch Zerzupfung erhalten hatte, sehr reich an Fortsätzen, ja von diesen fast ganz umhüllt; an den Rändern der Schnitte und an deren dünnsten Stellen zeigt sich das interstitielle Stroma auch in den tiefsten Schichten der Hirnrinde als deutlich gefasert, nicht netzförmig, wie im Sinne SCHULTZE's und KÖLLIKER's. Damit will ich

jedoch nicht das gleichzeitige Vorhandensein einer amorphen, feinkörnigen Intercellularsubstanz in allen Präparaten, die ich beschreiben werde, leugnen, denn ich habe immer Spuren davon gefunden, auch müsste ein Theil derselben bei der Präparation entfernt worden sein. Aber es scheint mir zweifellos, dass die sogenannte feinkörnige, oder netzförmige, oder schwammige, oder punktförmig moleculäre, amorphe oder gelatinöse Substanz diese verschiedenen Benennungen in Folge von Veränderungen in der Leiche, oder durch die Reagentien, oder durch die Präparationsmethode erhalten hat. Davon überzeugte ich mich, indem ich beobachtete, wie sehr die Menge dieser Substanz wechselt, je nachdem die Hirnstückchen mehr oder weniger frisch in die Bichromatlösung eingelegt wurden, oder je nachdem ich mehr oder weniger Sorgfalt auf ihre Erhaltung verwendete. Wenn ich ganz frische Gehirne erhalten konnte und sie sorgfältig behandelte, gelang es mir, zahlreiche, mit Fortsätzen reich ausgestattete Zellen zu erhalten, und die körnige Substanz war sehr schwach vertreten und lag zwischen den von den Zellen ausgehenden Faserbündeln zerstreut. Wenn ich dagegen nicht sehr frische oder nachlässig behandelte Gehirne untersuchte, war die feinkörnige Substanz in Menge vorhanden, und nur sehr schwer gelang es, die Bindegewebszellen in ihrer zierlichen Gestalt zu erhalten. Ja, wenn ich verschiedene Stücke desselben Gehirnes so auf verschiedene Weise behandelte, erhielt ich dieselbe Verschiedenheit in den Resultaten.

Dies Alles scheint mir dafür zu sprechen, dass das interstitielle Stroma der Hirnrinde zum grössten Theile aus Bindegewebszellen und ihren Fortsätzen besteht, und dass also die feinkörnige Substanz bei den gewöhnlichen Präparationsmethoden in viel grösserer Menge aufzutreten scheint, als es wirklich der Fall ist, und zwar durch eine Art von Zerfall der fibrillären Substanz, welcher übrigens wahrscheinlich nicht allein in den Fortsätzen der Bindegewebszellen, sondern auch in den feinsten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen stattfindet.

III.

Noch einem anderen Punkte wendete ich besondere Aufmerksamkeit zu, nämlich den Beziehungen zwischen den Nervenzellen und dem umgebenden Gewebe.

In einer kürzlich veröffentlichten Arbeit hat Obersteiner [1]) zu beweisen gesucht, dass die Hirnnervenzellen ringsum von einem Raume umgeben sind, in welchem sich oft Körperchen befinden, welche den Lymphkörperchen äusserst ähnlich sind; die Nervenzellen würden so vermittelst ihrer Fortsätze in einer Art von Sack aufgehängt sein.

In dem Ammonshorne wäre es Obersteiner gelungen, den Zusammenhang dieser Pericellularräume mit dem Perivascularräumen von His sowohl durch Injectionen in dieselben, als durch directe Beobachtung an Schnitten nachzuweisen; er nimmt also an, dass diese Pericellularräume zu dem Lymphsysteme gehören, also die ersten Anfänge des Lymphsystems im Gehirne darstellen.

In dieser Beziehung kann ich durchaus nicht mit Obersteiner übereinstimmen.

In keinem von den Stücken, welche ich ganz frisch in verdünnte Bichromatlösung eingelegt und darin gelassen hatte, bis sie eben genug erhärtet waren, um gute Schnitte zu erlauben, bemerkte ich Zwischenräume, wenn auch noch so kleine, zwischen den Nervenzellen und dem sie umgebenden Zellgewebsstroma. Dagegen ist es gewiss, dass das interstitielle Stroma in diesen Stücken sich immer in unmittelbarer Berührung mit den Zellen befindet, und ausserdem bemerkt man bisweilen, dass in Berührung mit und hinter den Nervenzellen sich mit zahlreichen feinen Fortsätzen versehene Bindegewebszellen befinden. Dagegen geschah es oft, dass ich solche Pericellularräume an solchen Gehirnen beobachtete, welche mit starken Lösungen von Chromsäure oder Bichromat gehärtet worden waren, und ausserdem zeigten sie sich an solchen Gehirnen, welche in Schnitten mit mässiger Härtung negative Resultate dargeboten hatten, dann aber sehr stark gehärtet worden waren, besonders wenn man, um die Härtung zu beschleunigen, die Concentration der Flüssigkeit schnell erhöht hatte. — Man kann also das Vorhandensein lymphatischer Pericellularräume nicht dadurch für hinreichend erwiesen halten, dass man sie auch in Schnitten angetroffen hat, denn man weiss, dass sie sich nur in Schnitten durch stark gehärtete Stücke vorfinden. Man muss sie vielmehr für die Folge der Zusammenziehung des Zellprotoplasmas und der Zurückziehung des die Zellen umgebenden Gewebes, als für eine physiologische

---

1) A. Obersteiner, Ueber einige Lymphräume im Gehirn. Sitzungsber. der k. k. Ak. der Wiss. Wien, 1870.

Thatsache halten. Die den Lymphkügelchen sehr ähnlichen Körperchen, welche in diesen Räumen beobachtet wurden, sind wahrscheinlich Bindegewebskörperchen aus dem umgebenden, zurückgezogenen Stroma, welche zufällig an den Nervenzellen hängen geblieben sind.

Es ist ziemlich überflüssig, hinzuzufügen, da ich es schon bei Beschreibung der Osmiumsäure- und Zupfpräparate erwähnt habe, dass in diesen Präparaten auch die Gefässe sich immer in unmittelbarer Berührung mit dem umgebenden Gewebe befinden, und dass auch die Bindegewebszellen, wie sie überall unregelmässig zerstreut vorkommen, so auch sehr häufig die Gefässwände unmittelbar berühren und an ihnen festhängen.

Es schien mir nicht ganz unnütz, diese Einzelheiten vorzubringen, denn sie beweisen immer mehr, dass die Lymphgefässe des Gehirns nicht durch Kanäle gebildet werden, welche in seinem Parenchym ausgehöhlt sind und dem Laufe der Gefässe folgen, wie nach den Beobachtungen von His, Henle und Merkel, von Roth, Eberth, Obersteiner viele Histologen annehmen, sondern durch die sehr deutlichen Räume zwischen der Lymphscheide und den eigenen Wänden der Blutgefässe. Es scheint mir um so wichtiger, diesen Gegenstand zu betonen, da die von den eben genannten Histologen beschriebenen Thatsachen von einigen Beobachtern zur Grundlage pathologischer Untersuchungen und Schlüsse gemacht worden sind, welche also nicht so viel Zutrauen einflössen können, als ihnen gebühren würde, wenn sie sich nicht auf eine in verschiedenen Beziehungen fehlerhafte Basis stützten [1]).

Und in der That, nachdem ich bewiesen habe, was die perivasculären Lymphräume betrifft, dass die Injectionsmassen, nachdem sie sich durch die subarachnoidalen Räume in die Lymphgefässe der Pia mater ergossen haben, aus diesen nicht in die epicerebralen Hohlräume, noch in die zwischen dem Hirnparenchym und der Lymphscheide enthaltenen Kanäle, sondern in die äusserlich durch die Lymphscheide begrenzten Räume einströmen [2]); dass in nicht übermässig gehärteten Stücken das Hirnparenchym sich mit den Gefässwänden immer in unmittelbarer Berührung befindet, ja durch die Fortsätze der hie und da in seiner Dicke verbreiteten Zellen direct mit denselben verbunden wird, und dass perivasculäre Räume ausserhalb der Scheide nur in stark in Alcohol oder Bichromat gehärteten Präparaten zu sehen sind: nach allem diesen, sage ich, scheint es mir mehr als hinreichend bewiesen, dass die perivasculären Räume von His, Henle und Merkel

1) Ich führe als Beispiel folgende Beobachtungen von Arndt an*). Arndt untersuchte, nach Härtung in Chromsäure, das Rückenmark einer an allgemeiner, progressiver Paralyse gestorbenen Person und will zwischen der Pia mater und dem Parenchym des Rückenmarks an den von grauer Degeneration befallenen Stellen eine ziemlich dicke Schicht feinkörniger, hie und da etwas faseriger Substanz, welche, den Gefässen folgend und sie fast gänzlich einhüllend, so dass sie nicht sehr deutlich waren, in das Rückenmark eindrang und sich auch in die Zwischenräume zwischen den Nervenfasern fortsetzte, welche sie mehr oder weniger auseinanderschob und zusammendrückte, beobachtet haben. — Das Verbreitungsgebiet dieser Substanz befand sich nach Angabe des Verfassers, abgesehen von den Zwischenräumen zwischen den Fasern, in dem Bereiche der Perivasculärräume, sie kann also nur als Gerinnungsproduct der Lymphe betrachtet werden, welche sich in pathologischer Menge, vielleicht auch krankhaft verändert, in diesen Räumen angehäuft hatte. Durch den von dieser Substanz auf die umgebenden Theile, so fährt Arndt fort, also auf die Nervenfasern ausgeübten Druck erklärt sich hauptsächlich die Atrophie, welcher diese entgegengehen, und die daraus folgenden Functionsstörungen. Wenn der Druck bei geringer Menge der Lymphe schwach ist, ist die Atrophie der Nervenfasern gering, und ihre Function wird nicht gehindert, vielleicht eher erhöht, denn ein leichter Druck wirkt als Stimulus; wenn aber der Druck stark ist, dann wird die Function der Nervenfasern geschädigt, und wenn er lange fortdauert, so verschwindet die Markscheide, und es tritt Atrophie ein (S. 751). Arndt glaubt also, das erste, wesentliche Moment zur Entwickelung der grauen Degeneration sei die Stase in den Lymphkanälen, die Sprossung des Bindegewebes komme erst an zweiter Stelle (S. 758). Solche Befunde nebst den daraus gezogenen Schlüssen können nur mit Misstrauen aufgenommen werden, wenn man weiss, dass die Thatsachen, worauf sie sich stützen, zum grossen Theil irrig sind.

Ganz dasselbe lässt sich von den Beobachtungen Ripping's**) und Kesteven's***) sagen. Der Erstere beobachtete in den Gehirnen mehrerer melancholischer Irren ausser der Erweiterung der epicerebralen und perivasculären Räume von His, dass ziemlich oft die Ganglienzellen, besonders in den oberflächlichen Schichten, von einem hellen Raume umgeben waren, ungefähr von der halben Breite des Durchmessers der Zelle. — Man bemerke, dass der Verfasser zur Härtung Chromsäure benutzte und dass er nicht angiebt, ob er vergleichende Untersuchungen an normalen Gehirnen angestellt hat. — Kesteven fand in dem Gehirn eines an Dementia und an der Paralyse von Duchenne Leidenden ebenfalls Erweiterung der perivasculären Räume. Er härtete seine Stücke mit Alkohol und Chromsäure.

*) Ein merkwürdiger Fall von allgemeiner progressiver Paralyse der Irren. Beitrag zur chronischen Encephalomeningitis etc. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. 2, H. 3, S. 724, 1870.

**) Ueber einige mikroskopische Befunde in der Hirnrinde von Geisteskranken, die in Melancholie gestorben sind. Allg. Zeitschr. für Psychiatrie, Bd. 26, S. 602.

***) The microscopical anatomy of the brain and spinal cord, in a case of imbecillity, etc. The Journal of Mental Science, Jan. 1870.

2) S. meine Untersuchungen: Sulle alterazioni dei vasi linfatici del cervello. Rivista Clinica, 1870.

nur durch die Präparationsmethode hervorgebrachte Kunstproducte sind. Es ist allerdings wahr, dass His, als er nach der Stichmethode eine gefärbte Flüssigkeit in das Hirnparenchym injicirte, beobachtet haben soll, dass sich nicht nur die Kanäle füllten, in welche die Gefässe eingetaucht sind, sowie die Hohlräume, welche zwischen der Oberfläche der Hirnwindungen und der Pia mater liegen (die epicerebralen Räume), sondern auch die Lymphgefässe der Pia mater, welche von Fohman und Arnold beschrieben worden sind. — Aber die von His vorgetragenen Thatsachen halten nicht alle die Controle der Erfahrung aus, und die Schlüsse, welche er daraus zieht, widerstehen noch weniger der Kritik.

Das Eindringen der Injectionsflüssigkeit, wenn sie in das Hirnparenchym eingespritzt wird, in die Lymphscheide der Gefässe und das Hirnparenchym selbst, und ihre weitere Verbreitung in die Pia mater und die Windungen ist leicht erklärlich, ohne dass man das Vorhandensein von Lymphräumen oder -kanälen anzunehmen braucht, ja man kann einen anderen Erfolg kaum voraussetzen, denn die Flüssigkeit muss nothwendiger Weise da eindringen und sich verbreiten, wo sie den geringsten Widerstand antrifft, und dies ist eben der Fall längs den Gefässen und unter der Pia mater, da die Bänder, welche die Lymphscheiden an das umliegende Hirnparenchym und die Pia mater an die Hirnrinde befestigen, sehr dünn sind.

Was den Zusammenhang der epicerebralen Lymphräume mit den Lymphgefässen der Pia mater betrifft, welcher durch das Uebergehen der Injectionsflüssigkeit aus den einen in die anderen bewiesen werden soll, so kann ich dem nur die Resultate meiner Untersuchungen gegenüberstellen, welche einerseits negativ, andererseits positiv sind. — Jedesmal, wenn ich nach der Methode von His eine Flüssigkeit in das Hirnparenchym einspritzte, sah ich, dass diese Flüssigkeit, nachdem sie an der Stelle des Einstiches ein unregelmässiges Extravasat gebildet und das umliegende Hirnparenchym infiltrirt hat, allerdings in die die Gefässe einschliessenden Kanäle eindringt, in ihnen weiter läuft und von da sich auf die ganze Oberfläche der Windungen verbreitet, aber niemals konnte ich die Injection der Lymphgefässe der Pia mater zu Stande bringen. Auf der anderen Seite erhielt ich aber, wie schon erwähnt, sehr bedeutsame positive Resultate, indem es mir auf andere Weise, indem ich nämlich eine Lösung von Berliner Blau unter sehr geringem Drucke in die subarachnoidalen Räume einspritzte, gelang, zuerst elegante Injectionen der Lymphgefässe der Pia mater und dann ein wahres Eindringen in die perivasculären Lymphräume der Hirnrinde zu erhalten, mit Beschränkung auf das Aeussere der Lymphscheide. In Verticalschnitten durch Stücke des in Alkohol und Bichromat erhärteten Gehirns, welches auf die beschriebene Weise injicirt worden war, bemerkt man, dass die farbige Flüssigkeit, nachdem sie die Kanäle erfüllt hat, welche die Gefässe umgeben und begleiten, oder unabhängig verlaufen, in die trichterförmigen Lacunen eintritt, welche die Lymphscheide an den Stellen bildet, wo die Blutgefässe der Hirnrinde sich von denen der Pia mater abzweigen. Die Flüssigkeit dringt also ein, immer scharf auf das Aeussere der Scheide beschränkt, und in sehr geringer Menge, weil die perivasculären Räume sehr eng sind, und gelangt ziemlich tief in die Hirnrinde.

Mir ist es niemals vorgekommen, ausser in einigen Fällen, wo offenbar Zerreissungen stattgefunden hatten, dass bei Einspritzungen nach der beschriebenen Methode die Flüssigkeit sich auf der Oberfläche der Hirnwindungen ausgebreitet hätte.

Was das Eindringen einer durch Einstich ausgeführten Injection in die pericellulären Räume betrifft, wie es Obersteiner gelang, so habe ich nur die gegen His erhobenen Einwürfe in Betracht der Injection der pericellulären Räume zu wiederholen. Die in das Hirnparenchym eingespritzte Flüssigkeit schiebt sich um die grossen Nervenzellen herum ein und folgt auch den dicken Nervenausläufern eine Strecke weit, weil sie hier geringeren Widerstand findet, nicht weil schon Kanäle vorhanden wären. Uebrigens umgiebt sie nicht allein die Zellen, sondern dringt auch zwischen die Nervenfasern ein, was auch von Frommann bemerkt wurde[1]), wobei sie dieselben auseinanderdrängt, sowie auch zwischen die Bindegewebszellen und Fasern der oberflächlichsten Schicht der Rinde der Hirnwindungen.

Wenn wir uns streng an die Resultate der Einstichinjectionen halten wollten, müssten wir annehmen, dass im Gehirn keine bestimmten Lymphkanäle vorhanden seien, sondern dass die Lymphe das ganze Hirnparenchym gleichmässig durchdringe, wie es gerade, auf diese Injectionen gestützt, Frommann für das Rücken-

1) C. Frommann, Untersuchungen über die normale und die pathologische Anatomie des Rückenmarks. Zweiter Theil. Jena, 1867, S. 15 und 16.

mark annimmt[1]). Dies würde bedeuten, dass es keine Lymphgefässe gebe, während die Beobachtung beweist, dass Lymphgefässe mit eigenen Wandungen, welche mit dem Lymphsystem anderer Körpertheile in Verbindung stehen, wirklich vorhanden sind.

Die Beziehungen der Pia mater zur Hirnrinde sind ziemlich schwer genau zu ergründen, weil der Zusammenhang zwischen diesen Theilen ziemlich schwach ist, und sie sich daher fast immer von einander trennen. Aber wenn es gelingt, diese Trennung zu verhindern, bemerkt man, dass die Pia mater an die Oberfläche der Hirnwindungen durch viele sehr feine Fäden befestigt wird, welche sowohl den Bindegewebszellen der Pia mater, als denen der Hirnrinde anzugehören scheinen.

Ueber diesen Punkt scheint es mir zweckmässig, einige geringere Einzelheiten hinzuzufügen.

Es ist bekannt, dass die Blutgefässe der Pia mater, welche bestimmt sind, die Hirnrinde zu befeuchten, nicht direct in diese eindringen, sondern parallel mit der Oberfläche der Windungen in unmittelbarer Berührung mit der Hirnsubstanz verlaufen. Von diesen Gefässen gehen nun in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen unter rechtem Winkel Zweige ab, welche senkrecht in das Hirnparenchym eindringen. — Die parallel mit den Windungen verlaufenden Gefässe sind gewöhnlich mit einer sehr weiten Scheide versehen, sodass zwischen ihr und den Gefässwänden oft grosse Hohlräume vorkommen. Wenn nun die Scheiden sich umbiegen müssen, um die zum Gehirn tretenden Gefässe zu begleiten, wobei sie sich plötzlich verengern müssen, so entstehen trichterförmig gestaltete Räume, in denen sich ziemlich oft zahlreiche Lymphkörperchen finden, welche sich auch in die tiefen Schichten der Hirnrinde fortsetzen. — Die Art der Verbindung der Hirnsubstanz mit den oberflächlichen Blutgefässen ist ganz dieselbe, wie ich sie für die in der Tiefe verlaufenden Gefässe beschrieben habe. Das System der Bindegewebsfäden, welche die Lymphscheiden der tiefen Gefässe an das anliegende Hirnparenchym anheften, setzt sich auch an die Berührungspunkte der Scheiden der oberflächen Gefässe mit der Bindegewebsschicht der Rinde fort. Derjenige Theil des Umfangs der parallel mit der Oberfläche der Windungen verlaufenden Gefässe, welcher mit dem Gewebe der Rinde nicht verbunden ist, heftet sich durch Bindegewebsfasern und Zellen an das anliegende Gewebe der Pia mater.

Die hier beschriebenen Beziehungen der Pia mater zu der Hirnrinde sind ein neuer Beweis neben den anderen, schon von mir angeführten, dass auch die sogenannten epicerebralen Räume von His, ebenso wie seine perivasculären Räume die Folgen künstlicher Trennungen durch injicirte Flüssigkeiten sind.

IV.

Die Meinungsverschiedenheiten der Histologen über die interstitielle Substanz des Medullartheiles des Gehirns sind viel geringer, als die, welche das interstitielle Stroma der grauen Substanz betreffen.

Man kann sagen, es herrsche vollkommene Uebereinstimmung in Bezug auf ihre Natur, indem diese fast allgemein für bindegewebig gehalten wird[2]). In Bezug auf ihren Bau herrschen unter den Histologen zwei verschiedene Ansichten: nach den einen würden die Nervenfasern durch eine weiche, amorphe, feinkörnige Substanz mit einander verbunden, in welcher runde oder linsenförmige Zellen unregelmässig zerstreut lägen (Virchow, Henle etc.); nach den anderen bestände das interstitielle Stroma der weissen Substanz aus einem Netze von feinen, rundlichen Maschen, mit hie und da in die verdickten Stellen der dieses Netz bildenden Scheidewände eingestreuten Kernen. Mit anderen Worten: das interstitielle Stroma der weissen Substanz besteht weder aus amorpher Substanz noch aus fibrillärem Bindegewebe, sondern aus einfacher

1) L. c., S. 17.

2) Henle und Merkel, in der citirten Arbeit über das Bindegewebe der Centraltheile des Nervensystems, drücken sich in dieser Beziehung nicht ganz bestimmt aus. Wenn sie, wie es scheint, Gleichheit des Baues zwischen dem Rückenmarke, mit welchem sie sich vorzugsweise beschäftigt haben, mit dem des Gehirns annehmen, so würden die Nervenfasern der Marktheile des Gehirns von einander durch eine Substanz getrennt sein, in welcher man zwei Theile unterscheiden müsste, nämlich eine homogene, durchscheinende Substanz, welche sie für nicht bindegewebig erklären, die man aber auch nicht zu dem Nervengewebe rechnen könnte, und in der homogenen Substanz schwebende Körnchen, welche von Henle und Merkel dem Bindegewebe zugezählt zu werden scheinen. — Die feinen Scheidewände, welche die Nervenfasern trennen, sollen aus feinkörniger Substanz, ohne Bindegewebs-Unterlage bestehen, und in den feinsten Scheidewänden auch die moleculäre Structur verschwinden, so dass nur die homogene, durchscheinende Substanz übrig bleibt. — Die Frage, ob die Elemente, welche man im Allgemeinen als Körnchen bezeichnet, Bindegewebs- oder Nervenkörperchen sind, wird von den Verff. folgendermaassen beantwortet: Sie sind weder das Eine, noch das Andere, sondern werden zu Bindegewebs- oder Nervenkörpern je nach dem Boden, auf dem sie sich entwickeln.

Bindesubstanz, bestehend aus einem Zellnetze von Bindesubstanz oder aus einem Stroma von Fasern und Balken, welche oft mit einander anastomosiren und kleine Maschen bilden, in welchen die Nervenfasern enthalten sind, so dass man auf Querschnitten die letzteren niemals in unmittelbarer Berührung mit einander findet (Kölliker, Schultze, Meynert etc.).

Die Resultate meiner eigenen Untersuchungen entfernen sich bedeutend von den beiden erwähnten Ansichten.

Es gelang mir, nachzuweisen, dass das interstitielle Bindegewebe in der weissen Substanz, ebenso wie in den grauen Schichten, aus Zellen mit langen zahlreichen Fortsätzen besteht, welche sich niemals verzweigen oder mit einander anastomosiren, sodass sie regelmässige Maschen bilden. (Fig. 1, 2.) Nur haben die zwischen den Nervenfasern zerstreuten Bindegewebszellen, abweichend von denen der grauen Substanz, besonders den oberflächlichsten, ausserordentlich feine Fortsätze aufzuweisen, von dem Ansehen glänzender, äusserst dünner, ziemlich starrer Fäden: in ihrer Umgebung fehlt ausserdem die Molecularsubstanz oder ist in sehr geringer Menge vorhanden.

Die Gegenwart solcher Zellen ist jedoch sehr schwer nachzuweisen, weil die Fortsätze wegen ihrer äussersten Feinheit leicht zerbrechen; man sieht solche Filamente ziemlich oft hier und da zwischen den Nervenfasern, aber ihr Zusammenhang mit den Zellen lässt sich selten darstellen, welche doch bei den frischen Zerzupfungspräparaten zum Vorschein kommen, wo sie Virchow als rundlich oder oval beschreibt. Uebrigens lässt es sich nicht bestreiten, dass sowohl in der grauen, als in der weissen Substanz, in der Rinde wie in anderen Gegenden des Gehirns sowohl rundliche und ovale Zellen als solche mit langen Fortsätzen vorkommen; ja ich glaube, dass sich wie im Bindegewebe anderer Körpertheile, auch hier Uebergangsformen zwischen rundlichen und ovalen Zellen, und solchen mit langen Fortsätzen finden werden. Da ich jedoch an einigen besonders wohlgelungenen Präparaten bemerkt habe, dass fast alle Kerne einer gegebenen Fläche von Hirngewebe zu den von mir beschriebenen Zellenformen gehörten, so habe ich Grund, anzunehmen, obgleich es schwer zu beweisen sein wird, dass der grösste Theil der Bindegewebszellen des Gehirnes zu den mit zahlreichen Fortsätzen versehenen, also zu den in Fig. 1, 2 dargestellten Formen gehört. — Wenn man, um die Anordnung der Bindegewebszellen und ihre Beziehungen zu den Nervenfasern zu studiren, sehr feine Schnitte durch Stücke von weisser Substanz macht, nachdem man sie 1—3 Tage in schwacher Bichromatlösung aufbewahrt hat, die in Karmin getränkten Schnitte sanft auspinselt oder in Wasser ausschüttelt, bemerkt man an den dünnsten Stellen der Schnitte und an deren Rändern zwischen den ein wenig voneinander entfernt stehenden Nervenfasern, dass die Bindegewebszellen unregelmässig hier und da zerstreut, bisweilen vereinzelt, bisweilen zu Gruppen von 2, 3, 4 vereinigt sind, und dass die fadenförmigen, glänzenden Fortsätze, mit denen sie grösstentheils versehen sind, von dem ganzen Umfange des Protoplasmas ausgehen und nach allen Richtungen laufen, sodass einige sich mit Nervenfasern kreuzen (Fig. 3). Aber der grösste Theil läuft parallel mit den Nervenfasern; sie legen sich an dieselben und haften daran fest, ja es scheint bisweilen, dass sie mit ihnen zusammenfliessen und einen Theil ihrer Scheide ausmachen.

V.

Die Beobachtungen, welche ich bis jetzt beschrieben habe, wurden von mir an menschlichen Gehirnen verschiedenen Alters gemacht. Die Befunde zeigten keine wesentlichen Verschiedenheiten je nach dem Alter der Personen, denen die Gehirne angehörten, aber in einigen Einzelheiten bringt doch das Alter bemerkenswerthe Unterschiede hervor. Während z. B. bei Neugeborenen die oberflächlichste Schicht der Rindensubstanz fast die Charaktere eines embryonalen Bindegewebes zeigt, also sich an der Oberfläche der Hirnrinde eine auffallend dichte, wohl unterscheidbare Schicht befindet, aus sich gegenseitig berührenden Zellen bestehend, von denen die meisten rundlich, oval oder spindelförmig sind, und wenige ziemlich weiche Fortsätze besitzen, so gewinnen nach und nach die Zellen mit zunehmendem Alter grössere Consistenz, die Fortsätze werden zahlreicher und deutlicher, daher die Zellkörper einander nicht mehr berühren, sondern, sei es wegen der Zunahme der Zahl, der Länge und Dicke der Fortsätze, sei es wegen der Bildung von Intercellularsubstanz, sich von einander entfernen und durch die bekannte fibrilläre, körnige Substanz von einander getrennt werden. Bei alten Leuten endlich hat die oberflächlichste Schicht der Hirnrinde ganz den Charakter des

Bindegewebes Erwachsener. Das Zellprotoplasma ist von bedeutender Consistenz und enthält oft Körnchen von gelbem Pigment; die Fortsätze sind so stark und starr, dass sie elastischen Fasern sehr ähnlich werden; die Kerne verlängern sich und gewinnen eine gewisse Aehnlichkeit mit den sogenannten »Stäbchenkernen« des dichten Bindegewebes anderer Körpertheile.

Die Bindegewebszellen, sowohl die der tiefen Schichten der Hirnrinde und der Medullarsubstanz der Windungen, als die der anderen Regionen des Gehirns, erfahren allerdings bis zu einem gewissen Grade dieselben Veränderungen im Verhältnis zum Alter, aber niemals in so auffallender Weise, um, wie es an der Oberfläche der Hirnrinde geschieht, ihre Isolirung leicht zu machen.

Ich habe mich nicht darauf beschränkt, den Bau und die Anordnung des Bindegewebsstromas am menschlichen Gehirn zu studiren, sondern habe ähnliche Untersuchungen auch an den Gehirnen einiger Thiere gemacht, wie des Hundes, des Kaninchens, der Katze und des Ochsen. Die Gehirne der ersten drei Thierarten gaben mir, vielleicht wegen gewisser Fehler bei der Präparation, die ich nicht aufklären konnte, ziemlich schlechte Resultate, da es nur selten gelang, Zellen mit ähnlichen Fortsätzen zu isoliren wie beim Menschen. Dagegen lieferte das Ochsengehirn sehr befriedigende Resultate und nützte mir vorzüglich bei dem Nachweis von eleganten, an Ausläufern reichen Zellen in der weissen Substanz, wie sie in Fig. 3 abgebildet sind; auch in der Rindensubstanz lassen sie sich ziemlich leicht isoliren. In letzterer verdient die oberflächliche Bindegewebsschicht besondere Aufmerksamkeit. Ich habe bemerkt, dass im menschlichen Gehirn eine dünne, oberflächliche Rindenschicht wesentlich aus Bindegewebselementen besteht. Eine solche Schicht ist beim Menschen makroskopisch von der darunterliegenden nicht unterscheidbar, weil der Uebergang von der einen zu der anderen nicht plötzlich, sondern gradweise, ohne eine scharfe Grenzlinie stattfindet. Im Gehirne des Ochsen sind die Zellen mit sehr langen und groben Fortsätzen, welche der Oberfläche der Rinde angehören, viel zahlreicher und mit einander viel inniger verbunden, als im menschlichen Gehirne, sodass man sie mit der Pincette und dem Bisturi leicht wie eine Haut abschälen und grosse Stücke von ihr unter dem Mikroskope untersuchen kann. Dabei erkennt man jedoch, dass es sich nicht um eine wirkliche Membran handelt, sondern um ein dichtes Geflecht von Bindegewebsfasern und -zellen. An Verticalschnitten erkennt man ausserdem, dass die Grenze dieser Membran nicht so scharf ist, wie es dem unbewaffneten Auge scheint, sondern es besteht ein allmählicher Uebergang zwischen dem groben Bindegewebe, welches diese Membran bildet, und dem interstitiellen Gewebe der tiefer liegenden Schichten.

Das Kleinhirn.

I.

Die beim Grosshirn von mir angegebenen Meinungsverschiedenheiten sind auch ebenso für das Kleinhirn vorhanden, und ausserdem liefern einige besondere Eigenthümlichkeiten im Bau dieses Organs Stoff zu nicht wenigen weiteren Streitigkeiten.

Wenn man den Verticalschnitt einer Windung des Kleinhirns bei geringer Vergrösserung betrachtet, so bemerkt man, dass man darin deutlich drei Schichten unterscheiden kann, nämlich 1) eine äussere Schicht einer Substanz, ähnlich der, aus welcher die Grosshirnrinde besteht — die graue Schicht; 2) eine mittlere Schicht, in welcher man bei schwacher Vergrösserung nur kleine Elemente sieht, welche sich in Karmin stark färben — die körnige Schicht nach GERLACH, die rostfarbene Schicht nach KOELLIKER; 3) eine innere Schicht, ähnlich der weissen Substanz des Gehirns, also aus markhaltigen Nervenfasern bestehend — die Medullarschicht. Die äussere Schicht lässt sich ziemlich scharf in zwei Abtheilungen sondern, eine innere, ungefähr so breit wie der vierte Theil der ganzen grauen Schicht, in welcher sich in regelmässiger Reihe und in einfacher Anordnung die grossen Nervenzellen befinden, welche nach dem Namen ihres Entdeckers die PURKINJE'schen Zellen heissen, und eine äussere, in welcher sich in einem dem des Grosshirns gleichen Stroma die grossen, sogenannten protoplasmatischen Fortsätze der PURKINJE'schen Zellen ausbreiten.

Bei einer genaueren Beschreibung dieser einzelnen Schichten werde ich die zwischen den Histologen strittigen Fragen über die Natur, Form und Anordnung der Elemente besprechen, welche sie zusammensetzen, und dann die Resultate der von mir darüber angestellten Untersuchungen vorführen, welche sich in mehreren Punkten von denen unterscheiden, zu welchen andere Forscher gelangt sind.

Zuerst tritt uns die Frage über die Natur des Grundstromas entgegen, ob dasselbe nämlich zu dem Nervengewebe in strengem Sinne, oder zu dem Bindegewebe gehört. Wenn wir hier von den sogenannten strahligen Fasern absehen, deren Bindegewebsnatur, wie ich glaube, von Niemand bestritten wird, so befinden sich die Fragen ungefähr in demselben Zustande, wie wir sie in Bezug auf das Grosshirn gefunden haben.

Einige Histologen nehmen an, die ganze interstitielle Substanz sei von Bindegewebsnatur, andere geben das Dasein einer Bindegewebssubstanz zu, aber nur in sehr geringer Menge, noch andere endlich erklären das ganze interstitielle Stroma ohne Unterschied für nervöser Natur.

So theilen Koelliker, Virchow, Stieda, Meynert dem Bindegewebe einen sehr grossen Antheil an der Zusammensetzung des Kleinhirns zu. Nach diesen Histologen wären nicht nur die Körnchen sämmtlich Bindegewebselemente, sondern man müsste als solche auch die interstitielle Substanz betrachten, welche bei schwacher Vergrösserung amorph oder feinkörnig erscheint.

Arndt und Besser dagegen geben die Bindegewebsnatur der Körnchen zu, halten aber die ganze Grundsubstanz für nervös. — Ebenso bestreiten Henle und Merkel die Bindegewebsnatur der Grundsubstanz, welche sie moleculär nennen, und erklären die Körnchen für Lymphkörperchen, welche fähig seien, sich in nervöse oder Bindegewebselemente zu verwandeln, je nach dem Boden, auf welchem sie sich entwickeln.

Endlich sehen wir die Meinung, die Körnchen und die Grundsubstanz seien nervöser Natur, in neuester Zeit, wie es schon Henle und Wagner gethan hatten, von Stark mit vielen Beweisgründen gestützt werden [1]).

Nach dem, was ich über das Grosshirn gesagt habe, halte ich es für überflüssig, noch ein Wort gegen die Wenigen zu äussern, welche das Vorhandensein einer Bindesubstanz leugnen. Auf dem Punkte, zu welchem wir in der Kenntniss des feineren Baues der Centralorgane des Nervensystems angelangt sind, scheint mir eine solche Ansicht gänzlich unberechtigt.

Die endliche Lösung dieser Frage nun, ob die ganze interstitielle Substanz, oder nur ein Theil derselben aus Bindegewebe bestehe, hängt von der genauen Bestimmung des Baues dieser Substanz ab.

Die Geschichte der Streitigkeiten über den Bau des interstitiellen Stromas der grauen Substanz des Kleinhirns hat dieselben Phasen durchlaufen, welche ich schon bei dem Grosshirn besprochen habe, ja man kann sagen, dass die Geschichte der einen sich mit der der anderen vermischt, denn die über den Bau der grauen Substanz des Grosshirns gemachten Beobachtungen wurden zum grössten Theil auf das Kleinhirn übertragen, und umgekehrt galten die über das interstitielle Stroma der grauen Substanz des Kleinhirns gemachten Untersuchungen auch für das Grosshirn.

Zuerst herrschte mit Virchow, Henle, Leidig u. s. w. die Ansicht vor, die Grundsubstanz der grauen Schicht sei amorph und kleinkörnig, mit rundlichen oder ovalen, hie und da eingestreuten Zellen. — Dann behauptete man mit Schultze und Koelliker, das ganze interstitielle Stroma der grauen Schichten habe eine sehr fein netzförmige Structur. — Endlich sahen wir die vielen Beobachter, welche in letzter Zeit Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht haben, für die eine oder andere Meinung streiten, oder sich bemühen, mit einer von ihnen in Uebereinstimmung zu kommen.

1) Ein Beitrag zu der Frage über die Structur der Ganglienkörper und über die Bedeutung der Körner in der Hirnrinde. Allgem. Zeitschr. für Psychiatrie, Heft 2, 1871.

Ich habe die Ansicht Stark's nicht erwähnt, als ich vom Grosshirn sprach, mit welchem er vorzugsweise sich beschäftigt, weil ich diese seine Arbeit erst kennen lernte, als die erste Hälfte der meinigen schon gedruckt war. — Stark will beobachtet haben, dass aus den Nucleis und Nucleolis sowohl des Grosshirns und Rückenmarks, als von den Körnchen des Grosshirns, Kleinhirns und Rückenmarks Kanälchen ausgehen, welche in Nervenzellen eintreten. — Zur Stütze dieser Beobachtung, sowie anderer Thatsachen, welche er glaubt gesehen zu haben, behauptet Stark, die sogenannten Körnchen der Rinde des Gross- und Kleinhirns, mit Einschluss derer der rostfarbenen Schicht, seien Nervenzellen von höchst einfachem Bau, mit einem im Nucleolus endigenden Nervenfaden. Darum finden sich in der Hirnrinde, wie er sagt, alle Uebergangszustände aus diesen einfachsten Nervenzellen zu den vollkommen entwickelten Ganglienzellen; und so erkennt er in dem, was man bis jetzt als Nucleus der Nervenzellen bezeichnet hat, eine der erwähnten einfachen Nervenzellen. Er verlangt also, man solle anstatt der Benennung „Körnchen“ oder „Nucleus der Nervenzelle“ die Bezeichnung „Nervenzelle“ gebrauchen, und statt Ganglienzelle solle man den bis jetzt unbestimmt gebrauchten Ausdruck „nervöser oder Ganglienkörper“ anwenden. In der Grundsubstanz kann Stark auch mit den stärksten Vergrösserungen keine Structur erkennen; sie erscheint immer, wie er sagt, als fein punktirte Substanz und zeigt durchaus dieselben Charaktere, wie das Protoplasma der Nervenzellen der Hirnrinde, — er hält sie also für nervöser Natur. Ausserdem glaubt Stark, den Körnchen, welche er einfache Nervenzellen nennt, kämen die einfachsten psychischen Functionen, den Nervenkörpern die höchsten und complicirtesten zu (!!).

SCHILLING[1]) beschreibt das Grundstroma der grauen Schicht der Hirnrinde als einzig aus einem feinen Netze bestehend, welches durch die letzten Verzweigungen der Ganglienzellen gebildet wird. — HENLE und MERKEL[2]) bezeichnen dasselbe Stroma als moleculäre Substanz, in welcher den Lymphkörperchen ähnliche Elemente verstreut liegen. — HADLICH[3]) nennt ebenfalls die Grundsubstanz feinkörnig, und die in ihr verstreuten Elemente bezeichnet er in unbestimmter Weise, mit Ausnahme der Ganglienzellen, mit den Benennungen »Kerne und Körnchen«. MEYNERT[4]) beschreibt die graue Schicht der Kleinhirnrinde folgendermaassen: »Sie ist reich an einer netzförmig-moleculären Grundsubstanz, übereinstimmend mit dem Grundstroma des Grosshirns; in ihr liegen Kerne von Bindesubstanz zerstreut, anscheinend frei, sowie kleine nervöse Körper von dreieckiger und spindelförmiger Gestalt. Dieselben lassen sich wegen der Zerbrechlichkeit ihres Protoplasmas in der grauen Schicht des Kleinhirns viel schwerer als nervöse Körper nachweisen, als im Grosshirn«. OBERSTEINER[5]) bezeichnete in einer 1869 veröffentlichten Arbeit die Neuroglia des Kleinhirns als eine feinkörnige Substanz, in welcher kleine Zellen mit rundlichen oder länglichen Kernen zerstreut liegen. OBERSTEINER bemerkt ferner, dass im Kleinhirn Neugeborener von einigen von den Zellen, welche die am äusseren Rande der Rindensubstanz befindliche körnige Schicht bilden, eine gewisse Zahl von Fortsätzen ausgeht, welche sich unter rechten Winkeln umbiegen, um sich als Radialfasern bis zu der Schicht von Bindegewebszellen zu erstrecken, welche sich am inneren Rande der grauen Substanz befindet, und mit aus dieser hervorkommenden Fasern anastomisirt. In der neuesten sehr interessanten Arbeit desselben Beobachters[6]) über einen Fall von partieller Atrophie des Kleinhirnes weist der Verfasser, wie es aus der genauen Beschreibung des Falles und den die Arbeit begleitenden Tafeln hervorgeht, dem Bindegewebsstroma einen viel beträchtlicheren Antheil zu, als es bis jetzt geschehen ist. Aber zu gleicher Zeit legt er auch der moleculären Substanz bedeutende Wichtigkeit bei und erwähnt nicht, dass er in ihr an Ausläufern reiche Bindegewebselemente angetroffen habe.

II.

Meine Untersuchungen über den Bau der grauen Schicht der Kleinhirnrinde haben zu sehr ähnlichen Ergebnissen geführt, wie die, welche ich vorgetragen habe, als ich über die graue Substanz des Grosshirns sprach.

In der grauen Schicht des Kleinhirns findet sich ein zusammenhängendes Stroma, welches aus an Fortsätzen reichen Bindegewebszellen besteht. Alle Kerne, welche darin zerstreut liegen, gehören, wie ich glaube, Bindegewebszellen an. Nicht alle jedoch sind mit Fortsätzen versehen, sondern, wie man auch im Bindegewebe anderer Körpertheile beobachtet, es kommen alle Uebergangsformen von rundlichen, ovalen und spindelförmigen Zellen zu solchen vor, deren Protoplasma von einem dichten Gehege von Fortsätzen umgeben ist: die letzteren herrschen bei Erwachsenen bedeutend über die ersteren vor.

Was die Präparationsmethode betrifft, so hielt ich mich genau an diejenige, welche ich beim Studium des Bindegewebsstromas des Grosshirns erprobt hatte. Ich erhielt die Zerzupfungspräparate von Bruchstücken des Kleinhirngewebes, welche durch zwei- bis sechstägiges Eintauchen in 0,25- bis 0,50-procentige Bichromatlösung gehärtet und dann mit schwach ammoniakalischem Karmin getränkt worden waren. Die Schnittpräparate machte ich aus ebenso behandelten, aber etwas härteren Stücken.

Bei sorgfältiger Zerzupfung der grauen Schicht kann man die Bindegewebszellen, welche ich in bedeutender Menge zu isoliren vermochte, in zwei etwas verschiedene Typen eintheilen: die einen sind verlängert, enthalten oft bei älteren Personen Pigmentkörnchen, mit ebenfalls länglichem Kerne, mit ziemlich starren, obgleich sehr feinen, glatten, glänzenden Fortsätzen, welche gewöhnlich, obgleich von den entgegengesetzten Enden ausgehend, sich untereinander parallel anordnen und Bündel bilden, welche sich dann in der

1) Untersuchungen über das Kleinhirn des Menschen, 1865.
2) Ueber die sogenannte Bindesubstanz etc. Zeitschr. für nat. Med., 1868.
3) Mittheilungen über den Bau der menschlichen Kleinhirnrinde. Archiv für Psych. und Nervenkrankheiten, Bd. 2, 1870. — Untersuchungen über die Kleinhirnrinde des Menschen. SCHULTE's Archiv, Bd. 6, 1870, S. 191.
4) STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben, 4. Auflage, S. 793.
5) Beiträge zur Kenntniss vom feineren Baue der Kleinhirnrinde, mit besonderer Berücksichtigung der Entwickelung. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissensch. V. 50, Heft 1, 1869.
6) Eine partielle Kleinhirnatrophie, nebst einigen Bemerkungen über den normalen Bau des Kleinhirns. Zeitschr. für Psychiatrie, Heft 1 und 2, 1870, S. 74.

hinzugefügten Flüssigkeit pinselartig ausbreiten (Fig. I *d*); die anderen sind abgerundet, mit rundem Kerne, wenigem, weichem, feinkörnigem Protoplasma, und aus ihrem Umfange strahlt eine unzählige Menge von Fortsätzen aus, welche sich nach allen Richtungen ausbreiten (Fig. I *e*). Diese Fortsätze sind, im Gegensatze zu den ersteren, ziemlich weich, sehr biegsam und feinkörnig. — Die Ersteren, welche wahrscheinlich ein vorgerückteres Stadium des Zellenlebens darstellen, lassen sich ziemlich leicht isoliren; die Zweiten, wahrscheinlich jüngeren, sind sehr schwer zu isoliren, ja wenn die Stücke nicht ganz frisch in die Bichromatlösung eingelegt und sehr sorgfältig behandelt worden sind, ist es ganz unmöglich, ihre elegante Form zum Vorschein zu bringen. Dann sieht man an ihrer Stelle kleine Häufchen von körniger Substanz, in deren Mitte ein Kern liegt. Solche Häufchen bestehen offenbar aus Zellen, deren Fortsätze sich durch beginnende Fäulniss zersetzt und in feinkörnigen Detritus verwandelt haben.

Die von mir schon beim Grosshirn aufgeworfene Frage, ob die sämmtliche interstitielle Substanz, welche man »feinkörnig« zu nennen pflegt, wirklich aus einer Anhäufung von Körnchen besteht, oder ob sie durch Zerfall in der Leiche, oder in Folge der Präparationsmethode körnig wird, kann man jetzt noch nicht mit Bestimmtheit beantworten; wenn man aber bedenkt: 1) dass die feinkörnige Substanz um so reichlicher vorhanden ist, je längere Zeit nach dem Tode der Person verflossen ist, deren Kleinhirn man untersucht, 2) dass dieselbe Substanz in desto grösseren Mengen auftritt, mit je weniger Sorgfalt man die Stücke aufbewahrte; 3) dass im Gegentheil, wenn die Stücke ganz frisch in die Bichromatlösung eingelegt wurden, die nöthige Sorgfalt auf deren Erhaltung verwendet und der richtige Augenblick zur Herstellung der Präparate gewählt worden ist, es dann leicht gelingt, zahlreiche, zierliche, mit vielen Fortsätzen versehene Zellen zu isoliren, oder in Schnitten das interstitielle Stroma deutlich als fibrillär nachzuweisen; wenn man endlich 4) bedenkt, dass bei Leuten von vorgerücktem Alter, bei denen die Bindegewebselemente im Allgemeinen sehr kräftig sind und daher ungünstigen Einflüssen leichter widerstehen, es ebenso leicht ist, die Bindegewebszellen mit ihren Fortsätzen zu isoliren, als in Schnitten das interstitielle Stroma als deutlich fibrillär nachzuweisen; wenn man alles dieses bedenkt, sage ich, so kann man ohne weiteres schliessen, das dass interstitielle Stroma zum allergrössten Theile aus den von mir beschriebenen Bindegewebszellen besteht. Die feinkörnige oder amorphe Intercellularsubstanz ist ohne Zweifel nur in sehr geringer Menge vorhanden.

In Bezug auf die Vertheilung der Bindegewebselemente habe ich nur zu bemerken, dass sie in der Nähe der Oberfläche und in der Tiefe in der Körnchenschicht um die grossen Nervenzellen etwas zahlreicher auftreten; an diesen Stellen scheinen die Zellen mit verlängertem Kerne vorzuherrschen; gegen die Mitte dagegen findet man mehr solche mit rundlichen Kernen und weichen, körnigen Ausläufern. — Das Verhalten der Fortsätze lässt sich nicht mit voller Sicherheit angeben; aber man kann festhalten: 1) dass viele mit den benachbarten Zellen zusammentreffen und mit ihnen vielleicht anastomosiren; 2) dass viele andere sich an die Gefässwände anheften; und dies wird ausser der directen Beobachtung auch dadurch bewiesen, dass die aus einem frischen oder wenig gehärteten Gehirn ausgezogenen Gefässe viele an ihren Wänden festhaftende Fäden aufweisen, welche den Fortsätzen der Bindegewebszellen vollkommen gleichen; 3) dass viele andere sich parallel zu einander anordnen und Bündel bilden, welche die graue Schicht radial durchlaufen. Die in die Tiefe gerichteten verlieren sich in der körnigen Schicht, und wahrscheinlich verbindet sich ein Theil davon mit den feinen, an Ausläufern reichen Zellen, welche daselbst liegen, und ein anderer Theil heftet sich an die Wände der Gefässe, welche, besonders in der Uebergangszone zwischen der grauen und der körnigen Schicht, parallel zu der Oberfläche der Schicht verlaufen. Die nach aussen gerichteten Bündel von Zellenausläufern biegen sich um, wenn sie an die Oberfläche gelangt sind, und bilden, indem sie sich mit den horizontal laufenden Fortsätzen der hier liegenden Bindegewebszellen verflechten, eine sehr feine Faserschicht, welche alle Windungen begrenzt.

Ueber die Art, wie die Kleinhirnwindungen an der Oberfläche begrenzt sind, will ich schon hier einige Einzelheiten angeben, obgleich ich später auf diesen Gegenstand zurückkommen muss.

Wenn man einen Verticalschnitt einer Kleinhirnwindung untersucht, welcher so geführt ist, dass in ihm auch die am meisten peripherischen Theile enthalten sind, womöglich auch die Pia mater erhalten und nicht verschoben ist, so bemerkt man, dass das Hirngewebe durch eine scharfe, glänzende, hier sehr regelmässige, dort wellige Linie mit kleinen Einbiegungen begrenzt wird, auf welcher Kerne liegen, welche nicht selten gegen ihren inneren Rand vorspringen. Diese Linie zeigt von vorn herein das Aussehen eines dünnen

Gewebsstreifens, welcher den Verticalschnitt einer auf der Oberfläche der Kleinhirnrinde liegenden Membran darstellt; aber wenn man mit der Spitze einer Nadel in einem Schnitte von mittlerer Feinheit diese Schicht des Kleinhirnparenchyms entfernt, was bei nicht sehr stark gehärteten Präparaten leicht gelingt, so endeckt man, dass nicht ein einfacher Gewebsstreifen vorhanden ist, wie es sein müsste, wenn es sich um den Durchschnitt durch eine Membran handelte, sondern man findet viele zusammengehäufte, lange, einfache, starre, glänzende, und besonders nicht mit einander vereinigte oder verschmolzene Fasern, sondern sie liegen getrennt und entfernen sich von selbst von einander. Wenn man dem Verlaufe dieser Fasern folgt, so bemerkt man, dass sie an spindelförmigen Zellen mit verlängertem Kerne, oder an abgeplatteten, lamellenartigen Zellen mit grossem, blasigem Kerne zusammentreffen. (Fig. I *f*.) In diesen Zellen erkennt man den allgemeinen Typus der Bindegewebzellen des Centralnervensystems, nur dass sie, ähnlich denen der oberflächlichsten Schicht der Grosshirnrinde, sehr kräftig und grob sind, dicke, starre Fortsätze besitzen und abgeplattet sind, weil sie in einfacher Schicht auf der Oberfläche liegen. Sie enthalten ausserdem fast immer Pigmentkörnchen.

Um die Beziehungen dieser dünnen Bindegewebsschicht mit dem Parenchym der Kleinhirnrinde genau zu erkennen, muss man dieselbe nur leicht abheben; an den Stellen, wo man dies erreicht hat, sind die Bindegewebszellen oft leicht nach aussen umgekehrt, und dann zeigt sich deutlich, dass von den von ihnen abgehenden Ausläufern einige, die stärkeren, parallel zur Oberfläche verlaufen, der grösste Theil aber senkrecht nach unten geht, ja einige von diesen kann man bis in die Tiefe der grauen Schicht verfolgen. — Wenn man das Präparat unter dem Mikroskope so verschiebt, dass der freie Rand der Windungen immer im Gesichtsfelde bleibt, so ist es interessant zu beobachten, wie dieser Rand sich auf mehr oder weniger lange Strecken als scharf durch die oben beschriebene Linie begrenzt darstellt, welche dicht am Parenchym festhängt; dann gelangt man an Stellen, wo die Trennung mit leichter Umkehrung eingetreten ist und man die Zellkörper von der Seite erblickt; noch weiter hin erscheint die Linie, welche zuerst wie der Durchschnitt einer Membran aussah, in zahlreiche lange Fasern aufgelöst, welche in der beigegebenen Flüssigkeit schwimmen, und hie und da zeigen sich, entweder in Faserbündel verwickelt oder auch frei, die oben beschriebenen spindel- oder plattenförmigen, an Fortsätzen reichen Zellen.

Zum Schlusse glaube ich hiermit bewiesen zu haben, dass die Kleinhirnrinde oberflächlich durch eine Schicht von Bindegewebe begrenzt wird. Ein Gegenstück zu dieser Schicht sehen wir in der, gleichfalls aus reinem Bindegewebe bestehenden, oberflächlichen Schicht der Grosshirnrinde, welche sich beim Ochsen sehr deutlich und leicht isoliren liess. In dem Kleinhirn jedoch ist die Bindegewebsschicht nur schwach vertreten und, was die Dicke betrifft, auf eine einzige abgeplattete, an der Oberfläche der Windungen liegende Zellschicht und auf wenige Fasern beschränkt. Im Kleinhirn besteht auch noch der Unterschied vom Grosshirn, dass in letzterem die Zellenfortsätze vorwiegend in horizontaler Richtung angeordnet sind, während sie im Kleinhirn zum grössten Theil in die graue Schicht eindringen, welche sie immer in senkrechter Richtung durchsetzen, wahrscheinlich bis in die tiefen Theile. Im Vergleich mit dem Bindegewebsstroma der tiefen Theile unterscheidet sich das der Oberfläche, indem das erstere aus zerbrechlichen, vorwiegend rundlichen und grösstentheils mit sehr feinen, weichen, feinkörnigen Fortsätzen versehenen Zellen besteht, die Zellen des zweiten abgeplattet und kräftig sind und grobe, straffe, glänzende Ausläufer haben.

Was die Beziehungen des interstitiellen Stromas zu den Blutgefässen und Nervenzellen betrifft, so habe ich nur das zu wiederholen, was ich bei dem Grosshirne gesagt habe. — Die Blutgefässe, sowohl die capillaren, als die von mittlerem und starkem Durchmesser, sind in unmittelbarer Berührung und in innigem Zusammenhange mit dem umgebenden Gewebe. Ich brauche mich also auf keine weiteren Beweise einzulassen, dass auch im Kleinhirn die Lymphgefässe durch Kanäle dargestellt werden, welche äusserlich von der Lymphscheide, innerlich von der eigentlichen Gefässwand begrenzt werden. Ich will nur an dieser Stelle erwähnen, dass es mir gelungen ist, durch Injectionen [1]) die directe Communication dieser Räume mit dem

1) Um die Injection der Lymphgefässe des Kleinhirns und der dasselbe einhüllenden Pia mater auszuführen, öffnet man die Schädelhöhle, nimmt die Hemisphären heraus, zerschneidet dann in mehreren Richtungen das Tentorium und nimmt die Lappen weg. Wenn man so das Kleinhirn blossgelegt hat, macht man an der Stelle einer Einbiegung der Hemisphären eine Oeffnung in die Pia mater und spritzt in dieselbe mit der Spritze von Robin unter sehr leichtem, gleichmässigem Druck eine Lösung von Berlinerblau ein. Statt der Robin'schen Spritze kann man mit Vortheil den Apparat

reichen Lymphnetze der Pia mater und den sogenannten Subarachnoidalräumen darzuthun. — Die gefärbten Flüssigkeiten, welche ich auf diese Weise einspritze, füllten zuerst die Lymphgefässe, welche in der Pia mater des Kleinhirns ebenso, wie im Grosshirn die Gefässe umgeben und begleiten, oder unabhängig verlaufen und unter einander anastomosirend ein dichtes Netz bilden, dann gingen sie in das Kleinhirnparenchym über, indem sie den Blutgefässen folgten, welche von der Pia mater aus in das Parenchym eindringen.

Wenn ich noch etwas zu der strittigen Frage über das Vorhandensein und die Anordnung der Lymphgefässe im Gross- und Kleinhirn und ihren Hüllen hinzufügen zu sollen glaube, so ist es dies, dass, wenn wir den Resultaten nach richtiger Methode ausgeführter Injectionen den Werth beilegen wollen, den sie verdienen, wir nicht an das Vorhandensein epicerebraler und epicerebellarer Hohlräume glauben dürfen, wohl aber müssen wir annehmen, dass die bis jetzt sogenannten Subarachnoidalräume Lymphräume sind. — Zu Gunsten dieses Schlusses sprechen wenigstens, ausser dem Erfolge der Einspritzungen, die mikroskopischen Charaktere der in eben diesen Räumen enthaltenen Flüssigkeit, denn wir finden darin beständig, ebenso wie in der Flüssigkeit anderer, unbestreitbar lymphatischen Höhlungen, zahlreiche Lymphkörperchen und freie, albuminoide Körnchen.

Die Nervenzellen des Kleinhirns stehen ebenso, wie die des Grosshirns, in unmittelbarer Beziehung zu dem interstitiellen Stroma. Dicht neben oder hinter ihnen, besonders gegen ihren hinteren Theil, welcher oft der Uebergangszone zwischen der grauen und der körnigen Schicht entspricht, kann man mit Leichtigkeit einige von den beschriebenen, an Fortsätzen reichen Zellen beobachten, und bisweilen sieht man auch einige glatte, glänzende Fortsätze, welche den Zellen und ihren ersten Verästelungen so dicht anliegen, dass sie fast einen Theil derselben auszumachen scheinen.

Vielleicht hat daraus MEYNERT geschlossen [1]), dass die Zellen von PURKINJE von einem beständigen Ueberzuge von hyaliner Substanz umgeben seien. Aufmerksame Betrachtung, besonders von leicht ausgepinselten Schnitten, lässt uns bald wahrnehmen, dass es sich um eine einfache Anlagerung von Bindegewebsfasern handelt.

III.

Wir gehen jetzt zum Studium der mittleren, der rostfarbenen oder körnigen Schicht über. In dieser Schicht haben wir folgende Theile zu betrachten: 1) die Stützschicht; 2) die sogenannten Körnchen; 3) die Nervenfasern.

Das Stützgewebe der rostfarbenen Schicht kann man ohne weiteres für eine Fortsetzung des der grauen Schicht erklären. Es besteht zwischen beiden kein wesentlicher Unterschied; es findet sich nämlich auch hier, wie in den anderen von mir erwähnten Theilen des Centralnervensystems, eine zusammenhängende Schicht, bestehend aus Bindegewebszellen mit zahlreichen, langen, feinen Fortsätzen, welche sich nie oder selten verzweigen.

Zum Nachweis dieser Schicht ist es durchaus nothwendig, um die kleinen, freien Zellen zu entfernen, welche dem Präparate anhängen, dasselbe sorgfältig auszupinseln und in einem Probirglase abzuspülen. Die Untersuchung so behandelter Schnitte lässt uns einige bemerkenswerthe Einzelheiten wahrnehmen. Die Bindegewebszellen mit Ausläufern haben in dieser Schicht gewöhnlich, obgleich sie sehr verschiedenartig sind, ein etwas reichlicheres und consistenteres Protoplasma, als die an anderen, bis jetzt beschriebenen Orten vor-

---

mit beständigem, geregeltem Druck von HERING benutzen, doch habe ich immer mit der einfachen Spritze gute Erfolge erzielt. Zum Gelingen der Injection ist es fast unerlässlich, dass man die Hemisphären des Kleinhirns an ihrer Stelle lässt oder doch so wenig als möglich daraus entfernt. Die Vornahmen, welche nöthig sind, um das Kleinhirn aus der Schädelhöhle zu entfernen, verändern allzu sehr die Beziehungen der Pia mater und der von ihr ausgehenden Gefässe zu dem Hirnparenchym. Die Stücke, in welchen die Injection gut gelungen scheint, nimmt man weg und bringt sie in Alkohol oder Lösung von doppeltchromsaurem Kali.

1) Nach demselben MEYNERT (Handbuch der Lehre von den Geweben) besteht der innere Theil der grauen Schicht der Hirnrinde aus kleinen, spindelförmigen, mit einer Schicht von varicösen Nervenfasern umgebenen Zellen, welche man, nach M., wahrscheinlich als „eigene Fasern" der Hirnrinde bezeichnen muss. An der Stelle, wo diese Schicht liegen musste, habe ich niemals specielle Elemente gefunden, nur habe ich bemerkt, dass, wenn in feinen Schnitten die graue und die körnige Schicht sich ein wenig von einander entfernen, bisweilen in dieser Gewebszone die Bindegewebs- und die Nervenfasern deutlicher erscheinen, als anderwärts, nachdem sie die Körnchenschicht durchsetzt haben, um zu den Nervenzellen zu gelangen.

kommenden, mit Ausnahme der oberflächlichen Schicht der Bindegewebszellen, sowohl des Gross- als des Kleinhirns, und einen rundlichen Kern von bedeutender Grösse, körnigem Aussehen und sehr deutlichem Umriss (Fig. I *c*). — Bei Erwachsenen enthält das Protoplasma fast immer einige Pigmentkörnchen, und die Ausläufer sind nicht so fein und regelmässig wie an anderen Stellen; sie sind jedoch hell und werden daher, sei es wegen ihrer gleichförmigen Dicke, sei es wegen ihrer besonderen Helligkeit, leicht mit den Nervenfasern verwechselt. — Ausserdem bemerkt man einige Unterschiede bei Betrachtung des Centraltheils der Körnerschicht und ihres inneren und äusseren Randes. — Die ganz im Innern der Körnerschicht liegenden Bindegewebszellen sind, wie ich sie schon beschrieben habe, vorwiegend abgerundet und senden Fortsätze nach allen Richtungen aus. An den beiden Rändern der Schicht sieht man dagegen hie und da langgestreckte Zellen auftreten, deren Fortsätze, viel feiner, biegsamer und regelmässiger, als die der weissen inneren Zellen, sich in ein Bündel an den entgegengesetzten Polen dieser Zellen zu vereinigen streben. Die nach dem Innern der rostfarbenen Schicht gerichteten Faserbündel entziehen sich bald dem Blicke; die vom entgegengesetzten Pole ausgehenden begleiten die Bündel der Nervenfasern, wenn sie von Zellen entspringen, welche an der inneren Grenze der körnigen Schicht liegen; wenn sie aber von an der inneren Grenze liegenden Zellen ausgehen, treten sie in die graue Schicht ein und umhüllen vorzugsweise die Gefässe. Sie sind bisweilen so lang, dass sie die ganze graue Schicht durchsetzen zu können scheinen.

Die in dem soeben beschriebenen Bindegewebsstroma bestehenden Zwischenräume werden von kleinen Zellen, den sogenannten Körnchen, ähnlich den Lymphkörperchen, eingenommen, welche aus einem rundlichen Kern von körnigem Aussehen, von 6 μ Durchmesser, umgeben von einer sehr dünnen Protoplasmaschicht, bestehen. Den Bau der rostfarbigen Schicht könnte man einigermaassen mit dem der Lymphdrüsen vergleichen, aber die Aehnlichkeit ist sehr roh, besonders weil der Bau der Körnerschicht durch die Gegenwart der Bündel von Nervenfasern stark complicirt wird; zweitens weil hier die Verzweigungen und Anastomosen der Bindegewebsfasern fehlen oder sehr selten sind, während in den Lymphdrüsen die verwickelte Zertheilung und Anastomose der Bindegewebsfasern ein Netz im eigentlichen Sinne des Wortes hervorbringt. Ueber die Natur der Körnchen beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass man häufig Uebergangsformen zwischen ihnen und den complicirten Bindegewebszellen der Stützschicht findet, was zu der Annahme veranlasst, dass auch sie Bindegewebselemente sind.

Die Nervenfasern, welche man in der rostfarbenen Schicht findet, gehen nur durch sie hindurch, um die Ganglienzellen zu erreichen. Aus der Medullarschicht, wo sie parallel angeordnet sind, begeben sie sich nach der rostfarbenen Schicht, wo sie anfangen, sich in Bündel zu theilen, welche ein wenig untereinander divergiren; bei dem Fortschritte in derselben Schicht wird das Auseinanderweichen der Bündel immer stärker, auch die einzelnen Fasern treten auseinander, bis sie in der äusseren Hälfte der körnigen Schicht vereinzelt erscheinen. Wenn sie an die äussere Grenze eben dieser Schicht gekommen sind, biegen sich einige seitlich um, andere laufen weiter, bis sie in die graue Schicht eintreten, und biegen sich etwas weiterhin ebenfalls um; sowohl die einen wie die anderen sieht man eine mehr oder weniger lange Strecke weit in dieser neuen Richtung weiter laufen, aber bald entziehen sie sich dem Blicke. Bis jetzt war es mir nicht möglich, auf Schnitten ihr endliches Schicksal aufzuklären. Der Grund davon ist wahrscheinlich der, dass sie, nachdem sie sehr dünn geworden sind, sich in der Nähe der Nervenzellen mit der Verlängerung des Achsencylinders eben dieser Zellen vereinigen, welcher in geringer Entfernung von seinem Ursprunge ebenfalls zu einem äusserst feinen Faden wird. Diese Verbindung, welche man schon seit längerer Zeit aus Inductionsgründen angenommen hat, ist nur ein einziges Mal von KOSCHENNIKOFF [1]) in einem Zerzupfungspräparate des Kleinhirns eines Kalbes beobachtet worden.

Die Art der Vertheilung der Nervenfasern in der körnigen Schicht, d. h. ihre fächerförmige Ausbreitung, ist leicht erklärlich, wenn man bedenkt, dass sie, von der schmalen Markschicht ausgehend, welche sich in der Mitte der Windungen befindet, sich nach den Nervenzellen begeben müssen, welche, in eine die Windungen rings umgebende Zone angeordnet, einen verhältnissmässig sehr ausgedehnten Umkreis ein-

1) Der Achsencylinderfortsatz der Nervenzellen im Kleinhirn des Kalbes. SCHULZE's Archiv, Bd. 5. Auch HADLICH versichert, die Verbindung einer Nervenfaser mit der centralen Verlängerung der Nervenzellen in einem pathologischen Falle beobachtet zu haben, welchen er als „varicöse Hypertrophie" der Verlängerung des Achsencylinders beschreibt. VIRCHOW's Archiv, Bd. 46.

nehmen. Die Anordnung der Nervenfasern lässt sich an Osmiumpräparaten besser studiren, als an allen anderen.

Giebt es auch im Innern der rostfarbenen und der grauen Schicht Nervenzellen? Wenn man auch die Meinung der Wenigen bei Seite lässt, welche alle Körnchen für nervöser Natur erklären, so herrscht auch über diesen Punkt noch Zwiespalt unter den Histologen. Doch nimmt man an, dass eine gewisse Zahl viel kleinerer Nervenzellen, als die von PURKINJE, in beiden Schichten zerstreut liegen. KOELLIKER z. B. behauptet, kleine Nervenzellen lägen in der ganzen grauen Schicht zerstreut, und besonders in deren oberflächlichstem Theile, nach der rostfarbenen Schicht zu, und auch in dieser letzteren. Sie hätten einen Durchmesser von 9—18 μ und besässen mehrere, sehr zarte Fortsätze, welche sehr oft in der Nähe der Zellen abbrächen. Ausser den grossen schlauchförmigen Zellen, welche in den tiefsten Theilen der grauen Schicht in regelmässiger Reihe liegen, beobachtete auch ich kleinere Zellenformen, als die PURKINJE'schen, von 20—30 μ Durchmesser, welche die den Nervenzellen gewöhnlich zugeschriebenen Eigenschaften zeigen, aber dies begegnete mir nur in der Nähe der grossen Nervenzellen, also entweder in der Uebergangszone zwischen dem grauen und dem körnigen Stratum, oder in dem äussersten Theile des letzteren. Dennoch kann ich nicht durchaus leugnen, dass einige der kleinen Zellenelemente, welche ganz im Innern der rostfarbenen und der grauen Schicht liegen, nervöser Art seien; aber so viel ist gewiss: wenn sie von dieser Natur sind, so haben sie in ihrer Art, sich zu verzweigen, und im Aussehen ihres Protoplasmas einen ganz anderen Charakter als alle anderen Nervenzellen. Ich bin daher geneigt, zu glauben, dass die Zellen von 9—18 μ Durchmesser, welche als nervös bezeichnet werden, vielmehr dem von mir beschriebenen Bindegewebsstroma angehören.

Was die innere Schicht der Windungen betrifft, die der weissen Substanz, so habe ich nur wenige Worte hinzuzufügen. Das interstitielle Stroma besteht hier, wie in der Medullarsubstanz des Grosshirns, aus Zellen, welche zum grössten Theile mit vielen sehr langen, nicht verzweigten Fortsätzen versehen sind, welche vorwiegend mit den Nervenfasern parallel laufen, und einige lehnen sich an dieselben an, sodass sie mit ihrer Scheide zu verschmelzen scheinen.

IV.

Bis jetzt habe ich das Vorhandensein einer Art von Membran, welche die Windungen des Kleinhirns begrenzt, und der, wie man behauptet, von ihr ausgehenden und radial in das Kleinhirnparenchym eindringenden Fasern nur vorübergehend erwähnt; aber bei der Beschreibung des Bindegewebsstromas der grauen Schicht habe ich mich gerade bemüht, zu beweisen, dass die Kleinhirnwindungen nicht von einer Membran begrenzt werden, welche der die Retina begrenzenden vergleichbar wäre, sondern von einer sehr dünnen Bindegewebsschicht, aus kräftigen Zellen mit zahlreichen Fortsätzen bestehend. Die Benennung »Grenzmembran« habe ich niemals angewendet, denn sie zeigt zwar eine anscheinende Aehnlichkeit zwischen der Retina und dem Kleinhirn an, welche in der That sehr gross ist, besonders wenn man sie an Durchschnitten gehärteter Stücke untersucht, aber den wirklichen Bau der peripherischen Schicht der Kleinhirnrinde doch nur sehr ungenau angiebt.

Die erste Andeutung über das Vorhandensein einer Grenzmembran rührte von BERGMANN her[1]). Er bemerkte zuerst in dem Kleinhirn der Katze, dann in dem des Hundes und in einem atrophischen menschlichen Cerebellum, dass sich am äusseren Theile der grauen Schicht zahlreiche Fasern fanden, ähnlich den strahligen Fasern der Retina, welche in zur Oberfläche der Windungen senkrechter Richtung die moleculäre Substanz durchsetzten, sowie eine helle, zwischen dieser und der Pia mater liegende Schicht. Nach seiner Beschreibung schwellen diese Fasern kegelförmig an, ehe sie die Pia mater erreichen, und bilden mit den angeschwollenen Faden eine Membran, welche an die innere Grenzhaut der Retina erinnert. Der in der moleculären Schicht liegende Theil der Fasern sendet, nach BERGMANN, Zweige nach verschiedenen Richtungen aus, sodass ein Netz entsteht. HESS[2]) bestätigte später das Vorhandensein der BERGMANN'schen Fasern, konnte sich aber nicht von der Gegenwart der Membran überzeugen. F. E. SCHULZE[3]) behauptete das Da-

1) Notiz über einige Structurverhältnisse des Cerebellum's und Rückenmarks. Zeitschr. für nat. Med. Bd. 8, S. 360. Bd. 9, S. 246.

2) De cerebelli gyrorum structura. Disquis. microsc. Dorpat, 1858.

3) Ueber den feineren Bau der Rinde des kleinen Gehirns. Rostock, 1863.

sein sowohl der strahligen Fasern, als das der Membran bestätigt zu haben, welche er mit BERGMANN als aus der Verschmelzung der verdickten Enden der strahligen Fasern bestehend, betrachtet welche sich an diese Membran ansetzen. Aber mit HESS und SCHULZE leugnet er, dass die strahligen Fasern sich verzweigen und ein Netz bilden. Soweit er diese Fasern in die moleculäre Schicht verfolgen konnte, sah er sie immer geradlinig, parallel und ungetheilt verlaufen.

Sowohl BERGMANN, als HESS und SCHULZE betrachteten die Grenzmembran als die innerste Schicht der Pia mater.

HENLE und MERKEL [1]) nehmen ebenfalls das Dasein einer Auskleidungsmembran der Kleinhirnwindungen an, wollen sie aber nicht als die innerste Schicht der Pia mater betrachtet wissen und erklären diese Ansicht für eine Täuschung, dadurch hervorgebracht, dass in den Schnitten die beiden Blätter der Grenzmembran, welche die einander gegenüberliegenden Oberflächen zweier Windungen bekleiden, wie verschrumpft und an die Bindegewebsbündel angelehnt erscheinen, welche in den secundären Einbiegungen der Kleinhirnhemisphären allein die Pia mater vertreten. Diese Membran hat nach HENLE und MERKEL eine ähnliche Structur, wie mehrere sogenannte Basal- oder glasige Membranen (wie z. B. die der Harnkanälchen); sie zeigt nämlich eine feine Streifung, welche einen faserigen Bau andeutet. Aber es sei nicht nöthig, wie bei den Basalmembranen im Allgemeinen, besondere Reagentien anzuwenden, um diese Faserstructur deutlich zu machen; dieser Bau sei in der Basalmembran des Kleinhirns ohne Reagentien leicht erkennbar. HENLE und MERKEL halten es ferner für sehr wahrscheinlich, dass die zugespitzten, konischen Fasern, welche in regelmässigen Zwischenräumen von der Basalmembran ausgehen, um in die Hirnrinde einzudringen, aus einer Vereinigung freier Fibrillen entstehen. Sie haben auch ihre Aufmerksamkeit auf den hellen Raum gerichtet, den schon BERGMANN und SCHULZE erwähnt haben und der sich zwischen der Oberfläche der Rindensubstanz und der angeblichen Grenzmembran befinden soll, und wollen daselbst zwischen den denselben durchsetzenden Fasern zahlreiche Lymphkörperchen angetroffen haben; daher behaupten sie, diese Räume seien Lymphräume. In ihnen münden, nach den genannten Forschern, die perivasculären Kanäle direct aus, welche im Kleinhirn, wie im Grosshirn, die in das Parenchym eindringenden Gefässe begleiten. Auch OBERSTEINER nimmt das Dasein der Grenzmembran, ähnlich derjenigen der Retina an, wie er auch behauptet, zwischen ihr und der Hirnrinde befinde sich ein Hohlraum von lymphatischer Natur. In Uebereinstimmung mit den zuerst genannten Autoren, aber in Widerspruch gegen HENLE und MERKEL glaubt er, die genannte Membran bilde einen integrirenden Theil der Pia mater, aber nicht des Kleinhirns. In dem Cerebellum eines Neugeborenen will OBERSTEINER ferner beobachtet haben (als Bestätigung seiner angegebenen Meinungen), dass an der Peripherie der grauen Schicht keine einfache Körnchenschicht vorhanden ist, wie sie BESSER beschrieben hat [2]), sondern ihrer zwei, durch eine Furche getrennt, die eine nach aussen, die er Basalschicht nennt, weil sich aus ihr die Basalmembran entwickeln soll, aus Zellen von 5 μ im mittleren Durchmesser bestehend, welche oft spindelförmig sind und einen oder zwei Fortsätze aussenden, von denen einer sich nach innen richtet und die Molecularschicht in Form einer scharf umrissenen Faser durchsetzt, — die andere nach innen, aus Kernen von 6 μ Durchmesser, und von sehr dünnem Protoplasma umgeben, bestehend, von denen ein Fortsatz ausgeht.

In dem neurologischen Theile von HENLE's [3]) anatomischem Handbuch, welches kürzlich erschienen ist, trägt der Verfasser über diesen Gegenstand ungefähr dasselbe wieder vor, was er früher zusammen mit MERKEL veröffentlicht hat. Die Grenzmembran, sagt er, liegt dem Kleinhirn nicht unmittelbar an, sondern wird von der feinkörnigen Schicht durch einen Raum von 0,006 bis 0,01 mm Weite getrennt, welcher sich als einen Lymphraum ausweist; er communicirt mit den perivasculären Räumen und ist bald vollkommen leer, bald mehr oder weniger mit Körnchen gefüllt, welche sich von Lymphkörperchen nicht unterscheiden lassen. Die Grenzmembran ist mit dem Kleinhirn durch punktförmige Verlängerungen verbunden, welche nach Art der strahligen Fasern der Retina mit breiter Basis in regelmässigen, kleinen Zwischenräumen von der Grenz-

1) L. c., S. 60—61.

2) BESSER, Zur Histologie der nervösen Elementartheile in den Centralorganen des neugeborenen Menschen. VIRCHOW's Archiv, Bd. 36, H. 4.

3) HENLE, Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen, Bd. 3, Th. 2, S. 322.

membran ausgehen und, sich kegelförmig zuspitzend, in senkrechter Richtung zur Oberfläche und parallel unter einander in die Rindenschicht eindringen.

Aus dem von mir früher über den Bau der Kleinhirnde im Allgemeinen und im Besonderen über die Art, wie die graue Schicht an der Oberfläche begrenzt wird, Gesagten, kann man schliessen, inwiefern die Resultate meiner Untersuchungen über den fraglichen Gegenstand von denen der soeben angeführten Autoren abweichen.

Ich stehe nicht an, zu behaupten, dass auf den Kleinhirnwindungen keine Auskleidungsmembran vorhanden ist, welche man mit der hyaloiden Grenzschicht der Retina vergleichen könnte, obgleich daselbst in unmittelbarer Berührung mit dem Parenchym des Kleinhirns eine einfache Schicht von abgeplatteten, leicht isolirbaren, mit zahlreichen Fortsätzen versehenen Bindegewebszellen existirt; die Fortsätze sind grösstentheils kräftig, starr, glänzend, laufen horizontal oder senkrecht nach unten (Fig. I *f*). Die horizontalen Fortsätze bilden in Verticalschnitten jene glänzende Linie, welche an den Schnitt durch eine Membran glauben lässt; die viel zahlreicheren verticalen stellen die sogenannten strahligen Fasern dar. Diese oberflächliche Schicht von Bindegewebszellen kann gewissermaassen als der oberflächlichste Theil des allgemeinen Bindegewebsstromas des Kleinhirns betrachtet werden, mit der Besonderheit, dass hier die Bindegewebszellen abgeplattet und viel kräftiger sind und besonders die Charaktere sehr alter Bindegewebszellen zeigen. Zu der Bildung dieser peripherischen Bindegewebsschicht tragen ausserdem noch viele von mehr oder weniger tief in der grauen Schicht liegenden Zellen herkommende Fasern bei, und wahrscheinlich auch noch viele Faserbündel, welche von den Bindegewebszellen der Körnchenschicht abstammen. Diese Fasern durchsetzen die graue Schicht, und wenn sie an der äusseren Grenze derselben angekommen sind, verbinden sich wahrscheinlich einige mit den Fortsätzen der Zellen der Oberfläche; andere biegen sich um und verlaufen zusammen mit den gröbsten Fortsätzen der oberflächlichen Zellen parallel mit der Oberfläche der Kleinhirnrinde.

Das System von Fasern, welche die graue Schicht vertical durchziehen, wird also zum Theil von den Bindegewebszellen geliefert, welche an der Oberfläche liegen, zum Theil von Fortsätzen, welche von in der Mitte und in der Tiefe der grauen Schicht liegenden Zellen, und zum Theil auch von den Faserbündeln, welche von den Zellen der Körnerschicht abstammen. Diese verschiedene Herkunft der die Kleinhirnrinde radial durchsetzenden Fasern wird vor allem durch directe Beobachtung bewiesen, man kann sie aber auch ausserdem indirect aus der ungeheuren Zahl der Fasern schliessen, welche man in ausgepinselten Präparaten an der Peripherie der grauen Schicht hervortreten sieht, und ebenso in der Tiefe an den durch Zerreissung der Schnitte entstandenen Rändern.

Die zwischen dem Parenchym des Kleinhirns und der angeblichen Grenzmembran liegenden Hohlräume, welche Henle und Merkel für Lymphräume erklären, und auch Obersteiner für solche hält, sind für mich nichts anderes als die Producte der Zurückziehung des Hirngewebes, durch die härtenden Flüssigkeiten verursacht. Ich habe solche Räume niemals an Kleinhirnen angetroffen, welche in Osmiumsäure oder mässig in doppeltchromsaurem Kali gehärtet waren. Ja in den auf diese Weise behandelten Präparaten existiren nicht nur solche Räume nicht, sondern es ist sogar sehr schwer, die aus Bindegewebszellen und Fasern bestehende Linie zu entdecken, welche die graue Schicht begrenzt, so dicht liegen diese Elemente dem Hirngewebe an. Wenn die Stücke dann stärker erhärten, zieht sich das zarte Bindegewebsstroma nach und nach ein wenig zusammen und entfernt sich von der groben, oberflächlichen Bindegewebsschicht, welche zuerst ein wenig deutlicher wird und dann, sich von dem darunter liegenden Gewebe trennend, einen bis zu 10 μ breiten Hohlraum entstehen lässt. Uebrigens kann ich nicht begreifen, dass Henle und Merkel in diesen Räumen so viele Lymphkörperchen haben antreffen können, wie in ihrer citirten Arbeit mehrfach beschrieben und abgebildet wird.

Zur weiteren Bestätigung meiner Behauptung erinnere ich noch an die Resultate der von mir angestellten Injectionen.

Was die ursprüngliche Bildungsart der oberflächlichen Bindegewebsschicht und der Bindegewebsfasern betrifft, welche die Rinde radial durchziehen, kann ich nur das bestätigen, was Obersteiner über die Entwickelungsweise der angeblichen Basalmembran und der sogenannten strahligen Fasern sagt; aber ich kann nicht mit ihm annehmen, dass die Körnerschicht der Kleinhirnrinde bei dem Neugeborenen durch eine Furche scharf in zwei Schichten geschieden werde, noch dass ein Theil der Körnchen, der, welchen er die

äussere Schicht nennt, einen Theil der Pia mater ausmache. Die Schicht der oberflächlichen Körnchen entsteht bei dem Neugeborenen aus kleinen, rundlichen, oder spindelförmigen, dicht an einander liegenden Zellen, von denen einige schon zarte Fortsätze tragen. Mit dem Fortschritte des Alters entfernen sich diese Zellen von einander, wobei alle oder die meisten von ihnen eine grosse Zahl von Fortsätzen bekommen, und wahrscheinlich auch Intercellularsubstanz entsteht; bei Erwachsenen werden sie dann durch die Substanz, welche man als feinkörnig zu bezeichnen pflegt, ziemlich weit von einander getrennt. Die Körnchen, oder oberflächlicheren embryonalen Zellen, hierin von den tiefen abweichend, platten sich dann ab, werden kräftig und erhalten, wie es in der oberflächlichen Bindegewebsschicht der Grosshirnrinde der Fall ist, starre Fortsätze.

In Hinsicht der Beziehungen der Oberfläche der Windungen zu der Pia mater und zu der Lymphscheide der mit ihr parallel laufenden Gefässe beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass mir die Verbindungsfäden weniger zahlreich schienen als im Grosshirne. In den secundären, engeren Einbiegungen sieht man an Verticalschnitten nur ein einziges Blutgefäss, dessen Lymphscheide, wenn sie nicht künstlich verschoben wurde, dem Kleinhirngewebe unmittelbar anliegt.

Die Thatsache, dass die Lymphscheiden, welche man als eine Faltung einer inneren Platte der Pia mater betrachten kann, mit der Oberfläche der Windungen in unmittelbarer Berührung und fest verbunden sind, lässt mich vermuthen, dass bei der Beschreibung der angeblichen Grenzmembran ein Missverständniss eingetreten ist: dass nämlich von Einigen als Grenzmembran die glänzende, an stark gehärteten Stücken sehr deutlich hervortretende Linie beschrieben worden ist, welche das Rindengewebe begrenzt, von Anderen die Scheide, welche die Gefässe begleitet.

So würde es sich erklären, dass Einige die Grenzmembran als die innerste Schicht der Pia mater, Andere als einen wesentlichen Bestandtheil des Kleinhirnes betrachten.

Das Rückenmark.

Obgleich das Vorhandensein eines interstitiellen Bindegewebsstromas im Rückenmark schon seit dem Anfange unseres Jahrhunderts anerkannt und schon damals, wenn man die damaligen groben Untersuchungsmittel in Betracht zieht, mit überraschender Genauigkeit beschrieben worden, auch später, nach der Vervollkommnung der mikroskopischen Forschungsmethoden der Gegenstand fortwährender Untersuchungen gewesen ist, so kann man doch nicht sagen, dass der feinere Bau und die Anordnung dieser Schicht vollkommen bekannt sei.

Wenn wir die über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeiten überblicken, so finden wir auch in den neuesten so grosse Meinungsverschiedenheiten, dass diese Thatsache allein schon in uns den Verdacht erregen muss, die verschiedenen, von den Forschern bis jetzt angewandten Untersuchungsmethoden hätten manche irrthümliche Auslegungen herbeigeführt.

I.

Die erste Arbeit über die Bindegewebsschicht des Rückenmarks wurde schon im Jahre 1811 von Keuffel [1]) veröffentlicht. Indem er Rückenmarksdurchschnitte in Aetzkalilösung macerirte und dann durch Pinselung die weiche Marksubstanz entfernte, blieb ein aus groben und feinen Fasern bestehendes Netz übrig, welche von der Pia mater und der vorderen Scissur nach der grauen Substanz zu convergiren und durch unzählige Seitenzweige mit einander anastomosiren, bis in dem innersten Theile der weissen Substanz die Richtung nach dem Centrum zu fast verschwindet, und die Bindesubstanz einen netzartigen Bau zeigt. — In der grauen Substanz fand Keuffel die Fasern so fein, dass man sie nach Auswaschung des Rückenmarks mit unbewaffnetem Auge nicht wahrnehmen konnte, und beim ersten Anblick erschien das durch diese Fasern gebildete Gewebe wie ein gelber Fleck. Die faserigen Verlängerungen der Pia mater werden von ihm als verdichtete Zellsubstanz oder Neurilemm des Rückenmarks bezeichnet, welche die am Rückenmark der Länge nach herablaufenden Stränge oder Kanälchen bilde und die flüssige Marksubstanz entfalte. Das Neurilemm des Rückenmarks unterscheidet sich nach Keuffel von dem der Nerven dadurch, dass es hier wirkliche, zu-

1) Reil's Archiv, Bd. 10, Halle 1811, S. 123.

sammenhängende Kanäle bildet, welche das weiche Mark enthalten, dort aber die Wände der Kanäle unterbrochen sind.

Die Beobachtungen KEUFFEL's blieben lange fast unbeachtet; wir müssen bis zum Jahre 1838 warten, wo ARNOLD [1]) seine Studien über den Bau der Nervencentra bekannt machte, um neue Andeutungen über das Bindegewebsstroma des Rückenmarks zu erhalten. Aber auch ARNOLD beschränkte sich auf eine genaue makroskopische Beschreibung und fügte dem schon von KEUFFEL Beobachteten wenig hinzu. Er beschrieb Bindegewebsscheidewände, welche von der vorderen und hinteren Scissur nach der grauen Substanz verlaufen, wo sie sich ausbreiten und mit denen zusammenfliessen, welche von der ganzen inneren Fläche der Pia mater ausgehen und ebenfalls nach der grauen Substanz hin convergiren. Die Bindegewebsfasern anastomosiren mit einander und legen sich zu Schichten an einander, und bilden nach ARNOLD eine grosse Menge äusserst feiner Neurilemmkanäle, welche sich von oben nach unten und von der Peripherie zum Centrum durch das ganze Rückenmark erstrecken und sich nach den beiden verschiedenen Theilen gruppiren, in welche die graue Substanz angeordnet ist.

Auch die Beobachtungen ARNOLD's gingen fast unbeachtet vorüber. Erst zu einer Zeit, wo die Histologie schon grosse Fortschritte gemacht hatte, wurden über das interstitielle Bindegewebsstroma des Rückenmarks mikroskopische Untersuchungen angestellt.

VIRCHOW trug, wie wir gesehen haben, zuerst die Ansicht vor, dass eine Grundsubstanz von Bindegewebsnatur in allen Centralorganen des Nervensystems weit verbreitet sei und alle Nervenzellen und -fasern umgebe und unter einander verbinde. Aber was das Rückenmark betrifft, so verdanken wir BIDDER [2]) und seinen Schülern KUPFFFR, METZLER und OWJANNIKOFF die Gründung der Lehre von dem Vorhandensein des Bindegewebes; mit ihnen fing man an, in dem Stützstroma des Rückenmarks die Septa, welche man für Verlängerungen der Pia mater hielt, von der wirklichen, zwischen den Nervenfasern und Zellen liegenden Bindegewebssubstanz (welche letztere man als mit besonderen Eigenschaften begabt ansehen wollte) zu unterscheiden.

Nach BIDDER muss man von den eigentlichen Elementen des Rückenmarks ausser den Verlängerungen der Pia mater noch eine andere Stützsubstanz unterscheiden, welche sich in bedeutender Menge sowohl in der grauen, als in der weissen Substanz vorfindet. Im ersteren Falle herrsche das Bindegewebe bedeutend über die anderen Elemente vor, indem nach seiner Meinung alle Zellen der Hinterhörner von Bindegewebsnatur seien, ebenso die graue Commissur und alle Elemente der gelatinösen Substanz. Das Bindegewebe erscheine in diesen Theilen als eine amorphe Substanz; BIDDER sagt von ihr, in frischem Zustande erscheine sie nach der Anwendung von Alkalien gelatinös, und in Chromsäurepräparaten feinkörnig; in ihr zerstreut fänden sich zum Theil rundliche oder verlängerte, der Fortsätze entbehrende, zum Theil sternförmige, mit zwei oder drei Fortsätzen versehene Zellen. In der weissen Substanz fülle das Bindegewebsstroma die zwischen den Nervenfasern vorhandenen Zwischenräume aus, von welchen Fasern er behauptet, dass sie ohne Umkleidung seien; da es ebenfalls amorph sei, so bilde es eine zusammenhängende Masse, welche schwammartig zahlreiche, nach verschiedenen Richtungen laufende Höhlen zeige, welche zur Aufnahme der Nervenfasern bestimmt seien.

Die von BIDDER und KUPFFER am Rückenmarke von Säugethieren ausgeführten Untersuchungen wurden mit gleichen Resultaten von OWJANNIKOW und METZLER auf Wirbelthiere der niederen Ordnungen erweitert. Nach OWJANNIKOW soll im Rückenmark der Fische und nach KUPFFER in dem des Frosches die graue Substanz mit einziger Ausnahme der grossen multipalaren Zellen der Vorderhörner nur Bindegewebssubstanz enthalten.

BIDDER und seine Schüler legten offenbar dem Bindegewebsstroma eine allzu grosse Wichtigkeit bei, denn ein grosser Theil der von ihnen dem Bindegewebe zugerechneten Körper besteht aus Nervenzellen; aber während BIDDER nach der einen Richtung hin übertrieb, verfielen andere Beobachter, besonders STILLING, bei der Bekämpfung seiner Ansicht in den entgegengesetzten Irrthum und wiesen dem Bindegewebsstroma einen allzu geringen Antheil zu.

---

1) Anmerkungen über den Bau des Gehirns und Rückenmarks, Zürich 1838.
2) BIDDER und KUPFFER, Unters. über die Textur des Rückenmarks. 1857.

Nach STILLING [1]) ist nicht allein die Bindegewebssubstanz im Rückenmarke in sehr geringer Menge vorhanden, sondern der von ihm als solches anerkannte Theil desselben ist so innig mit den Nervenfasern und -strängen verbunden, dass zuletzt die Nerven- und die Bindegewebssubstanz sich vermischen, so dass es unmöglich wird, sie zu unterscheiden. — In Uebereinstimmung mit den anderen Forschern nimmt STILLING das Eindringen von Verlängerungen der Pia mater in die weisse und auch in die graue Substanz an, leugnet aber die Gegenwart von Bindesubstanz zwischen den einzelnen Fäserchen; er behauptet, dass die feinsten Verlängerungen der Pia mater in der weissen Substanz mit den Primitivfasern in Verbindung stehen, und in der grauen mit diesen und mit den Nervenzellen und ihren Fortsätzen. Endlich leugnet STILLING die Gegenwart von Bindegewebskörperchen in der grauen Substanz und ist ferner geneigt, die Epithelzellen des Centralkanals als nervöse Elemente zu betrachten.

STILLING's Ansichten fanden wenig Beifall; die Mehrzahl der Histologen näherte sich vielmehr der Meinung BIDDER's und nahm an, das Bindegewebe mache einen bedeutenden Theil des Rückenmarks aus. Die Meinungsverschiedenheiten drehten sich vielmehr um den der Substanz selbst beizulegenden Charakter, um ihre Ausdehnung und ihre Beziehungen zu den anderen, das Rückenmark ausmachenden Theilen.

GOLL [2]) beschreibt die Bindesubstanz als ein feines Netz von Bälkchen, welche die ganze weisse Substanz durchziehen, wie die Rippen eines Blattes. Diese Bälkchen theilen sich mehrfach dichotomisch in secundäre Zweige, welche, mit den benachbarten anastomosirend, die Nervenfasern in regelmässige Bezirke von verschiedener Grösse theilen. — Die dünnsten Scheidewände sind identisch mit der interstitiellen Substanz der Nervenscheiden und bilden ein zusammenhängendes Ganzes von fibrillärem Bau, wie ein Stroma, in welchem die Nervenfasern eingeschlossen sind. In den weissen Strängen bildet diese zusammenhängende Masse Scheidewände, welche das Rückenmark in seiner ganzen Länge durchsetzen, sowie Scheiden und Kanäle, welche durch nervöse Längsbündel und einzelne Fasern unzertrennbar untereinander verbunden sind.

Das interstitielle Stroma der grauen Substanz wird von GOLL als feinfaserig und körnig beschrieben. Die Gegenwart von Bindegewebskörperchen wird von ihm nur für die gelatinöse Substanz angenommen.

Nach CLARKE [3]) erstreckt sich das Bindegewebe des Rückenmarks als feines Netz von der Peripherie der grauen Substanz bis an die Oberfläche der weissen Stränge, wo es eine Schicht von verschiedener Dicke bildet, worin kreisförmige Fasern verlaufen, welche sich in den Zwischenräumen von neuem umbiegen, um mit dem Netze der weissen Substanz in Verbindung zu treten. — In dem Bindegewebe der weissen Substanz des Rückenmarks eines viermonatlichen Kalbes fand er sowohl Kerne, als Zellen mit Kernen von rundlicher, ovaler und spindelförmiger Gestalt, welche nach verschiedenen Richtungen in das Bindegewebsnetz Fortsätze aussandten. CLARKE fand keinen Unterschied zwischen den Bindegewsbezellen der weissen und denen der grauen Substanz und konnte eine zusammenhängende Schicht von Zellen und Kernen aus der grauen Substanz in die weisse verfolgen. — Ebensosehr, wie die bis jetzt vorgetragenen Beobachtungen CLARKE's der Wahrheit nahe kommen, entfernen sich von ihr die, welche er über das Gehirn des Erwachsenen angestellt hat. Er glaubt, bei erwachsenen Thieren seien die kernhaltigen Zellen verschwunden, während noch zerstreute Kerne in dem Fasergewebe zwischen den Nervenzellen zurückblieben; er nimmt an, es gebe keine scharfe Grenze zwischen Nerven- und Bindegewebe, und legt die Frage vor, ob zwischen diesen beiden Geweben überhaupt ein wesentlicher Unterschied bestehe, und ob nicht vielleicht das Bindegewebe des Rückenmarks eine Zwischenstufe sei, welche einerseits in die Nervensubstanz, andererseits in die Pia mater übergehe.

Sehr verschieden von den bis jetzt erwähnten Ansichten ist die von KOELLIKER. Durch eigene Untersuchungen sei er zu denselben Resultaten gekommen, wie sie SCHULTZE bei der Retina gewonnen und auf die Kleinhirnrinde angewendet hat. So wird KOELLIKER, wie wir schon beim Kleinhirn gesehen haben, ein Stützer der Lehre von dem netzförmigen Bau des interstitiellen Stromas sowohl der weissen, als der grauen Substanz; beide werden von ihm mit dem cytogenen, netzförmigen Gewebe verglichen. Er beschreibt das Bindegewebsstroma des Rückenmarks folgendermaassen [4]): »Abgesehen von der Pia mater und den Fortsätzen,

1) STILLING, Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, 1859.
2) Beiträge zur feineren Anatomie des menschlichen Rückenmarks.
3) Philosoph. Transact. 1859.
4) KOELLIKER, Handbuch der Gewebslehre, 4. Aufl. 1862, S. 150; 5. Aufl. 1867, S. 266.

welche sie in die vordere Furche entsendet, und von der Tunica adventitia der stärksten Gefässe findet man im Rückenmarke keine Spur von gewöhnlichem fibrillärem Bindegewebe, sondern nur »einfache Bindesubstanz, nur aus einem Netze von sternförmigen Zellen von Bindesubstanz bestehend", oder ein Stroma von Fasern« oder Bälkchen ohne Kerne, welche oft miteinander anastomosiren, wie man es in cytogenem Bindegewebe beobachtet. In Querschnitten der weissen Substanz erscheint das interstitielle Stroma in Gestalt eines regelmässigen Netzes mit gerundeten Maschen. Nach innen setzt sich dieses Netz direct in ein ähnliches Stroma fort, welches die graue Substanz einnimmt, nach aussen verdichtet es sich zu einer Rindenschicht der weissen Substanz. An den Knoten des Netzes findet man rundliche Kerne von 2—3 μ Durchmesser, so dass das Ganze den Eindruck eines Netzes von sternförmigen Zellen macht, aber in Längsschnitten sieht man, dass die Bälkchen des Stromas nur dünne, quer durchschnittene Plättchen und Scheidewände sind, welche röhrenförmige Behälter für die Nervenfasern bilden, welche ihrerseits aus einem feinen Netze bestehen, in welchem sich die erwähnten rundlichen Kerne befinden. In der grauen Substanz bildet das Stützgewebe keine regelmässigen Kammern, sondern vielmehr »ein feines, unregelmässiges, schwammiges Gewebe«; die Kerne sind darin in grösserer Menge vorhanden, oder treten nur deutlicher hervor. In Querschnitten erscheint das Stützgewebe ebenfalls als äusserst dichtes und zartes Netz, an dessen erweiterten Stellen die Kerne liegen, und aufmerksame Prüfung überzeugt uns, dass die Grundsubstanz überall aus sehr zarten Bindegewebszellen besteht, deren Fortsätze eng unter einander anastomosiren.«

In das Einzelne gehende und interessante, wenn auch zum guten Theile ungenaue Beobachtungen über den Bau der interstitiellen Substanz des Rückenmarks sind auch von FROMMANN angestellt worden [1]). Nach diesem Beobachter besteht das Bindegewebsstroma der weissen Substanz aus einem dichten Netze, dessen Maschen zum Theil aus der Kreuzung der Bindegewebsfasern entstehen, zum Theil aus Verästelungen und Anastomosen eben dieser Fasern, und besonders durch Verzweigungen und Anastomosen der Fortsätze der Zellen gebildet werden, welche zwischen den Nervenzellen liegen. Diese Maschen, welche durch die complicirten Verzweigungen, Kreuzungen und Anastomosen der Bindegewebsfasern und -zellen entstehen, sind regelmässig und rundlich und umfassen die einzelnen Nervenfasern ringartig.

In Betreff der grauen Substanz stimmt FROMMANN mit KOELLIKER überein und nimmt ihre fein netzförmige Structur an.

Trotz den wichtigen Beobachtungen KOELLIKER's und den ins Einzelne gehenden Untersuchungen von FROMMANN, GOLL etc. hat es auch im letzten Decennium nicht an Forschern gefehlt, welche die von diesen Beobachtern der interstitiellen Bindesubstanz beigelegte Wichtigkeit leugneten.

MAUTHNER [2]), in der Absicht, die von der BIDDER'schen Schule vertheidigten Ideen zu bekämpfen, behauptete, auf eigene Beobachtungen am Centralnervensystem niederer Wirbelthiere gestützt, die kleinen Zellelemente, welche sich in der grauen Substanz befinden und seit BIDDER allgemein als Bindegewebskörperchen bezeichnet wurden, müssten vielmehr als nervöse Elemente betrachtet werden.

Aus anderen Gründen, als die MAUTHNER's, haben auch HENLE [3]) und HESSLING [4]) der Ansicht der oben genannten Forscher widersprochen.

Der erstere leugnete durchaus, dass die Bindegewebssubstanz des Rückenmarks fibrös sei, und dass die Fasern sich mit den Bindegewebszellen verbinden oder anastomosiren und ein Netz bilden; der beschriebene fibrilläre Bau, meint er, sei ein Coagulationsproduct, hervorgebracht durch die Wirkung der Chromsäure, die interstitielle Substanz sei vielmehr von feinkörniger Beschaffenheit. — Eine ähnliche Ansicht wurde, wenn auch in weniger absoluter Weise, von HESSLING vertheidigt. Es gelang ihm nicht, zu entscheiden, ob das Netz der weissen und grauen Substanz, welches man in den mit Chromsäure oder doppeltchromsaurem Kali erhärteten Stücken wahrnimmt, schon vorher vorhanden ist und durch die Wirkung dieser Reagentien nur deutlicher wird, oder ob es durch die Gerinnung vorher flüssiger Albuminoidstoffe entsteht.

---

1) Untersuchungen über die normale und pathologische Anatomie des Rückenmarks. Erster Theil 1864, zweiter Theil 1867, Jena.

2) MAUTHNER, Ueber die sogenannten Bindegewebskörperchen des centralen Nervensystems. Unters. zur Naturlehre des Menschen und der Thiere, publ. von MOLESCHOTT, Bd. 9, H. 2, S. 156, 1856.

3) Zeitschr. für rat. Medicin, Bd. 25, H. 1, S. 67, und Bd. 27, H. 1, S. 42.

4) HESSLING, Grundzüge der allgemeinen und speciellen Gewebslehre des Menschen, Leipzig 1866.

Letztere Hypothese scheint ihm wahrscheinlicher, denn die sehr feinen Fasern des Netzes, welche man bei der Zerzupfung von Chromsäurepräparaten antrifft, kann man an frischen Stücken nicht erkennen, in denen man dagegen die Myriaden der charakteristischen, glänzenden Kügelchen findet, in welche sich die moleculäre Masse mit ihren blasigen Kernen auflöst.

HENLE und MERKEL entwickeln in einer im Jahre 1868 veröffentlichten Arbeit mit Hülfe neuer Beobachtungen die Ideen weiter, welche der erstere schon seit Jahren vorgetragen hatte. Vor allem suchen sie zu beweisen, dass sowohl in histologischer, als chemischer Beziehung zwischen der interstitiellen Substanz des Rückenmarks (und der Nervencentra überhaupt) und der Bindegewebssubstanz, sowohl der Hüllen dieser Organe, als der anderen Körpertheile, ein wesentlicher Unterschied besteht, und dass die von ihnen in der Gewebsschicht, welche die Stränge der weissen Substanz eng umgiebt und bisweilen auch an den oberflächlicheren Nervenfasern vorkömmt, von ihnen gefundenen Bindegewebselemente vielmehr als ein Eindringen des Bindegewebes der Pia mater, wie als constituirender Theil des Rückenmarks zu betrachten seien. Die wirkliche interstitielle Substanz des Rückenmarks sei amorph und feinkörnig.

»Wenn man Schnitte durch die mit der das ganze Rückenmark umgebenden Fläche parallele Schicht macht«, schreiben HENLE und MERKEL, »erreicht man nach den Gewebsschichten des faserigen Bindegewebes (mit multipolaren Zellen und verzweigten Fortsätzen), welche zur Pia mater gehören, andere Schichten, wo zwischen den Fasern mit feinkörniger Substanz gefüllte Räume liegen; je tiefer man kommt, desto seltener werden die Fasern, desto mehr wiegt die feinkörnige Substanz vor. Zugleich treten statt der multipolaren Fasern kugelige Körperchen ohne Fortsätze auf. Oft sieht man in unmittelbarer Berührung mit den Längsnervenfasern, welche die weissen Stränge bilden, eine Schicht feinkörniger Substanz ohne Fasern. Oft fehlt diese Molecularschicht durch Eindringen des Bindegewebes der Pia mater, und die Nervenfasern befinden sich in unmittelbarer Berührung mit dem reinen Bindegewebe. Es besteht durchaus kein allmählicher Uebergang von dem faserigen Bindegewebe zu der moleculären Substanz, sondern die chemischen Reactionen beweisen einen scharfen Unterschied zwischen beiden. In chemischem Sinne gehört die moleculäre Substanz zu den Albuminoidkörpern und ähnelt der feinkörnigen Masse der Ganglienzellen.«

In Bezug auf die interstitielle Substanz der tiefen Theile fassen HENLE und MERKEL ihre Beobachtungen folgendermaassen zusammen [1]): »Das Stroma des Rückenmarks kann Bindegewebsfasern enthalten, ist aber nicht fibrillär. Die Bindegewebssepta, welche in das Innere der weissen Substanz eindringen, werden von einer Auskleidung von feinkörniger Substanz begleitet; die dünnsten Scheidewände bestehen aus feinkörniger Substanz ohne bindegewebige Unterlage, und an den dünnsten verschwindet auch der moleculäre Bau, und es bleibt nur eine gleichmässige, durchscheinende Substanz, vielleicht die Substanz der Rindenschicht ohne Molecüle übrig.« In diesen Substanzen lägen die von ihnen mit der allgemeinen Benennung »Körnchen« bezeichneten rundlichen Elemente, welche sie für mit den Lymphkörperchen identisch und neutraler Natur erklären, indem sie, je nach den Umständen, zu Bindegewebs- oder zu Nervenelementen werden können.

Die zuletzt von GERLACH [2]) dargelegten Ansichten unterscheiden sich wenig von denen HENLE's und MERKEL's. »Der äussere Theil der Schicht, welche das Rückenmark unmittelbar umgiebt, wie auch der zwischen den Bälkchen, welche von dieser Schicht ausgehen, liegende Theil hat«, sagt er, »den bekannten Bau des faserigen Bindegewebes. In der unmittelbaren Nähe der für die Nervenfasern bestimmten Räume verschwinden die Fasern, und an ihrer Stelle tritt eine sehr feinkörnige Substanz auf, welche, obgleich sie mit dem Fasergewebe in Beziehung bleibt, sich in die Räume des Balkennetzes fortsetzt und sie dermaassen ausfüllt, dass nur Platz für die Nervenfasern übrig bleibt.« Diese letzteren sind also immer unmittelbar von der feinkörnigen Substanz umgeben, welche dann in allen Richtungen von äusserst feinen, elastischen Fasern durchsetzt wird, welche auf die complicirteste Weise unter einander netzförmig anastomosiren. In der moleculären Substanz finden sich nach GERLACH, ausser dem Fasernetze, Zellenformen, welche alle Uebergangsformen von den kleinen, rundlichen Zellen mit geringem Protoplasma zu vollkommen ausgebildeten Bindegewebszellen mit Fortsätzen darbieten. Aus der weissen Substanz in die graue übergehend, verliert die Bindegewebsschicht ihre faserige Structur und nimmt den histologischen Charakter des Gewebes an, welches die Nervenfasern

1) L. c. S. 72.
2) Handbuch der Lehre von den Geweben — von STRICKER herausgegeben — 4. Aufl., S. 665, 1870.

der weissen Substanz unmittelbar umgiebt. Die gelatinöse Substanz STILLING's wird von GERLACH beschrieben als ausschliesslich aus feinkörniger Substanz bestehend, mit vielen elastischen Fasern und kleinen, rundlichen Zellenelementen.

Um endlich die historische Uebersicht der über das interstitielle Stroma des Rückenmarks veröffentlichten Arbeiten möglichst vollständig zu machen, bleibt es mir noch übrig, über die von HENLE in der letzten, soeben erschienenen Ausgabe seines anatomischen Handbuchs [1]) geäusserte Ansicht zu berichten, obgleich er seiner früheren Meinung treu bleibt und von neuem bestätigt, dass alles Bindegewebe, welches man im Rückenmarke antrifft, als von dem Bindegewebe der Pia mater aus eingedrungen zu betrachten sei. Es gilt also noch dasselbe, was ich über seine Arbeit mit MERKEL gesagt habe. Doch muss ich auf folgenden Satz aufmerksam machen, welcher beweist, dass er seit jener Zeit einige Beobachtungen gemacht hat, welche ihn der Wahrheit näher bringen. »Oft«, sagt er [2]), »und öfter bei grossen, als bei kleinen Säugethieren und beim Menschen, erstreckt sich die Bindegewebsmetamorphose der Körnchen zwischen die einzelnen Nervenfasern, so dass diese von einander durch ein feines Bindegewebsnetz, statt durch eine amorphe Substanz getrennt werden.«

Wenn man jetzt, ohne viele Einzelheiten zu berücksichtigen, die verschiedenen, bis jetzt über den Bau des interstitiellen Stromas des Rückenmarks geäusserten Meinungen zusammenfassen wollte, so könnte man es ungefähr so machen:

Von einigen Beobachtern wird das interstitielle Stroma des Rückenmarks dem Bindegewebe anderer Körpertheile an die Seite gestellt, da es denselben Bau besitzt, denn es besteht aus verästelten Fasern und Zellen, welche mit einander anastomosiren und ein Netz bilden, oder mit einander verbunden und fast verschmolzen sind und eine zusammenhängende Masse bilden, in welcher, wie in Kanäle und Kammern eingeschlossen, die Nervenzellen und -fasern liegen. Nach Anderen dagegen muss man zwischen dem gewöhnlichen Bindegewebe und dem interstitiellen Stroma des Rückenmarks genau unterscheiden. Das letztere würde nicht aus einem durch die Verzweigungen und Anastomosen der Bindegewebszellen und -fasern gebildeten Netze bestehen, sondern aus einer amorphen, feinkörnigen Substanz, welche in alle Zwischenräume zwischen den Nervenelementen infiltrirt wäre. In dieser Substanz lägen hier und da einige kleine, rundliche Zellenelemente (Körnchen) von unbestimmter Natur.

II.

Meine Untersuchungen über den feineren Bau der interstitiellen Substanz des Rückenmarks haben mich zu Resultaten geführt, welche den schon für das Gross- und Kleinhirn vorgetragenen ungefähr gleich, und doch von den bisher von anderen Forschern erhaltenen bedeutend verschieden sind.

Das interstitielle Stroma des Rückenmarks, wie das des Gehirns, kann dem gewöhnlichen Bindegewebe nicht ganz gleichgestellt werden, denn es zeigt einige es unterscheidende Besonderheiten, aber man kann ebensowenig aus ihm eine besondere Gewebsklasse machen, indem sich diese Besonderheiten auf einige Unterschiede in der Form und Feinheit seiner Elemente beschränken, welche von der besonderen Structur des Organs, in dem sie liegen, herrühren und mehr oder weniger deutlich auch in allen anderen Organen des Körpers bemerkt werden.

Die nach meiner Meinung unrichtige Ansicht, welche die von mir genannten Histologen über den Bau des interstitiellen Stromas des Rückenmarks geäussert haben, rührt zum grossen Theile von den angewandten Untersuchungsmethoden her. Schnitte, welche aus in Chromsäure, Bichromat oder Alkohol gehärteten Stücken gemacht wurden, welche man mit Kreosot, Nelkenöl oder Terpentin durchsichtig gemacht und dann in Kanadabalsam oder in eine andere trocknende, stark lichtbrechende Substanz eingelegt hat, sind im höchsten Grade elegant, aber die Eleganz, was die Bindegewebsschicht betrifft, gereicht grossentheils der Genauigkeit des Befunds zum Nachtheil. Die starke Brechbarkeit des Stoffes, in welchem man die Schnitte zu untersuchen pflegt, lässt entweder die ganze interstitielle Substanz als gleichmässiges oder feinkörniges Medium erscheinen, oder als ein zusammenhängendes Netz von Bindesubstanz mit hier und da eingestreuten Kernen.

1) Handbuch der systematischen Anatomie des Menschen. 3. Band, 2. Theil, Neurologie, Braunschweig, 1871.
2) L. c. S. 68.

Andererseits sind die Bindegewebselemente in frischem Zustande so weich und zart, dass es äusserst schwierig wird, sie zu isoliren. Die der einen oder der anderen Untersuchungsmethode anhängenden Unzuträglichkeiten werden zum grossen Theile beseitigt, wenn man durch Zerzupfung und in Schnitten Stücke untersucht, welche in schwachen Lösungen von Bichromat nur leicht gehärtet worden sind [1]).

Bei dem Rückenmarke bestätigt sich das, was ich schon bei dem Gehirn gesagt habe, nämlich dass ganz frische, in sehr schwache (0,25 bis 0,50-proc.) Bichromatlösung eingelegte Stücke hinreichend consistent werden, um recht gute Schnitte viel früher machen zu können, als wenn die Lösungen stark sind, wie die MÜLLER'sche Flüssigkeit und 2—3-procentige Lösungen.

Die weisse Substanz. Wenn man ein passendes Härtungsstadium wählt, wie es nach 4—12-tägiger Eintauchung eintritt, so genügt eine gröbliche Zerzupfung, um eine grosse Menge von zierlichen Bindegewebszellen zu erhalten, welche diesem Gewebe eigenthümlich sind (Fig. 5, *a*).

Die Formen, unter denen diese Elemente erscheinen können, sind etwas verschieden; sie lassen sich aber unter folgenden zwei oder drei Typen unterbringen: 1) Abgeplattete Zellen (Fig. 5, *c*), ähnlich dünnen Platten, 20—35 μ breit, mit ebenfalls abgeplattetem Kern von 6—10 μ. Der Umfang dieser dünnen Lamelle, welche den Zellkörper darstellt, lässt eine grosse Zahl von ziemlich langen Fortsätzen austreten, nicht verzweigt und sehr zart, von denen viele bis auf grosse Entfernung von ihrem Ursprunge abgeplattet sind und das Aussehen von äusserst feinen, glänzenden, regelmässigen Fäden haben. 2) Unregelmässig rundliche oder polygonale, oder auch verlängerte Zellen, von 10—25 μ Durchmesser, mit rundlichem oder ovalem Kerne von 4—8 μ Durchmesser. Von dem ganzen Umfange der Zelle geht eine unzählige Menge von sehr dünnen, glänzenden, in ihrem ganzen Verlaufe gleich dicken Fäden aus, welche bisweilen den Anschein von Starrheit haben, aber sich doch nach allen Richtungen umbiegen und selbst Schlingen bilden. — Diese Fortsätze zeigen alle Charaktere der Bindegewebsfäden; sie können nicht nur in erhärteten Stücken, sondern auch bei dem Zerzupfen von frischen in sehr grosser Zahl zwischen den Nervenfasern erscheinen, besonders an der Peripherie der weissen Stränge.

Die ungeheure Menge von Fortsätzen, welche man von den soeben beschriebenen Zellen ausgehen sieht, lassen glauben, dass die starken Schichten oder Scheidewände von Fasern, welche zwischen die Nervenfasern eintreten, vollständig aus diesen Fortsätzen bestehen, wenn auch die Zellkörper verhältnissmässig wenig zahlreich sind.

Ausser den Zellen mit zahlreichen Fortsätzen sieht man noch andere rundliche oder längliche, welche deren keine besitzen, doch ist ihre Zahl im Vergleich mit den anderen sehr gering, und man kann vermuthen, dass ihrer noch weniger sind, als es den Anschein hat; denn man bemerkt, dass an Zerzupfungspräparaten aus frischen Stücken, oder aus solchen, die in den ersten Tagen nach der Eintauchung, oder aus nachlässig erhaltenen hergestellt werden, die Zellen ohne Fortsätze in grosser Zahl auftreten; je mehr aber nach und nach die Stücke an Härte zunehmen, desto mehr wiegen die Zellen mit zahlreichen Fortsätzen vor, und desto mehr nehmen die anderen ab, und zeigen überdies so unregelmässige Gestalten, dass man vermuthen kann, die Fortsätze seien von ihrem Umkreise abgerissen.

Die Art der Vertheilung der Bindegewebselemente und ihre Beziehungen zu den Nervenfasern können nur an Schnitten durch die Stränge von weisser Substanz, sowohl parallel mit den Fasern, als in querer Richtung, untersucht werden.

In mit Karmin gefärbten Parallelschnitten (Fig. 6), nachdem man sie vorsichtig ausgepinselt und in Wasser abgespült und dann in Glycerin oder in einer Mischung von Wasser und Glycerin unter das Mikroskop gebracht hat, bemerkt man zwischen den etwas auseinander gespreizten Nervenfasern, dass die oben beschriebenen Zellformen sich bald hie und da vereinzelt, bald zu Gruppen vereinigt, oder in Reihen von 3—4 und mehreren vorfinden, und dass ihre fadenförmigen Fortsätze, zu Bündeln vereinigt, vorzugsweise parallel mit den Nervenfasern verlaufen, sich an sie anlehnen und, wo die Zellen zahlreich sind, fast eine Faserhülle für sie bilden. Eine ziemlich grosse Menge von Fortsätzen verläuft auch horizontal, drängt sich zwischen

1) Den Unterschied meiner Resultate von denen anderer Beobachter (DEITERS, FROMMANN etc.), welche ebenfalls sehr schwache Lösungen von Bichromat angewendet haben, kann ich nur durch die Vermuthung erklären, dass sie die Eintauchung der Stücke in stark verdünnte Lösungen zu sehr verlängert und so eine Maceration und nicht eine Härtung hervorgebracht haben.

die Fasern ein, schlängelt sich um dieselben herum. Gewöhnlich kann man aber in Parallelschnitten den Verlauf der horizontalen Fortsätze nicht weit verfolgen; bei der grössten Dünnheit der Schnitte werden die Bindegewebsfasern dem Blicke durch die Nervenfasern bald entzogen. Die platten Zellen sieht man in diesen Schnitten meistens von vorn in ihrer grössten Breite; sie erscheinen dem Umfange einer Nervenfaser oder eines Bündels von Nervenfasern unmittelbar anliegend, wenn diese von geringem Durchmesser sind. Ihre Fortsätze, glatt oder fadenförmig, lehnen sich oft so dicht an die Scheide der Fasern an und sind zum grössten Theil so fein, dass die grösste Aufmerksamkeit nöthig ist, um sie zu erkennen; oft kann man sich nur durch das Hin- und Herschieben des Präparats nach verschiedenen Richtungen überzeugen, dass die Kerne, welche man hie und da zerstreut zwischen den Nervenfasern liegen sieht, zu platten Zellen gehören, und dass ganze Bündel von Fibrillen von diesen Zellen ausgehen.

Ganz anders zeigt sich das interstitielle Bindegewebsstroma der weissen Bündel in Querschnitten.

Während in Längsschnitten die Bindegewebszellen sich fast immer von vorn in der ganzen Zierlichkeit ihrer Gestalt zeigen, sehen wir sie in Querschnitten gewöhnlich von der Seite oder schief; sie erscheinen also nicht mehr als breite, dünne Platten mit schön gezeichnetem Umriss, sondern in viel unregelmässigeren, verschiedenartigen Gestalten, bald lang gezogen und fast linear, mit einer Verdickung in der Mitte, wo der Kern liegt, bald von unregelmässig spindelförmiger, dreieckiger oder sternförmiger Gestalt, und die von ihnen ausgehenden horizontalen Fortsätze strahlen nach allen Seiten aus, aber ihr Ursprungspunkt, da sie verschiedenen Höhenlagen der Zellen entsprechen, ist viel weniger leicht zu sehen, und ihre genaue Verbinduug mit dem Zellkörper ist viel schwerer zu beobachten, als wenn man die Zellen von vorne sieht.

Die zahlreichen Fortsätze, welche von den einzelnen Zellen ausgehen, schieben sich zwischen die quer durchschnittenen Nervenfasern ein, laufen neben denen benachbarter Zellen her und kreuzen sich, anastomosiren aber niemals mit ihnen; jeder Faden hält, wenigstens auf ziemlich lange Strecken, einen unabhängigen Lauf ein. Man kann nicht unbedingt leugnen, dass einige Anastomosen stattfinden, wenn Fäden in entgegengesetzter Richtung aufeinander stossen, aber sicher sind solche Anastomosen, wenn sie überhaupt vorkommen, selten und finden niemals in so kurzen Zwischenräumen statt, dass sie ein Netz mit regelmässigen runden Maschen hervorbringen könnten. Wenn die Elemente des interstitiellen Stromas nicht durch zu starke Härtung aneinander und an die Nervenfasern, welche sie umfassen, angekittet sind, bleiben die einzelnen Bindegewebszellen immer von einander getrennt, und auch in den Schnitten kann man die von mir beschriebenen Formen unterscheiden. An Schnitten, welche durch mässig gehärtete Stücke gemacht wurden, bemerkt man dagegen, dass an Stellen, wo in Folge der Behandlung bei der Präparation Nervenfasern herausgefallen sind, die Zellenfortsätze, welche sich an ihrer Peripherie befanden, sich sogleich verschieben und in die zuerst von den Nervenfasern eingenommenen Räume eindringen (Fig. 7).

Die Regelmässigkeit der Anastomosen, so dass die von Goll, Frommann, Koelliker und Anderen beschriebenen und gezeichneten regelmässigen Netze entstehen, beruht nach meiner Ansicht auf einer irrthümlichen Betrachtungsweise des interstitiellen Bindegewebsstromas der weissen Substanz des Gehirns, dadurch hervorgebracht, dass nach langer Eintauchung in ziemlich starke Lösungen von Chromsäure, Bichromat und Alkohol die einzelnen Bindegewebselemente sich unter einander und vielleicht auch mit der Scheide der Nervenfasern verkitten, und auf diese Weise das interstitielle Stroma wirklich das Aussehen eines zusammenhängenden, netzförmigen Gewebes mit regelmässigen Maschen und hie und da in die Knotenpunkte des Netzes eingestreuten Kernen annimmt, und dass man ausserdem regelmässige Kreise sieht, den einzelnen Nervenfasern entsprechend, mit einem von dem Axencylinder gebildeten Punkte in der Mitte. — Die Täuschung wird vollständig, wenn die aus stark gehärteten Stücken gemachten Schnitte mit Terpentin, Nelkenöl oder Kreosot aufgehellt werden, wie es zu geschehen pflegt.

Die feinen und feinsten Scheidewände, welche die Nervenfasern in kleine und kleinste Bündel theilen, bestehen ebenfalls ausschliesslich aus Zellen mit einer grossen Menge fadenförmiger Fortsätze, also den oben beschriebenen, in Fig. 5 abgebildeten gleich.

Um die nach jeder Richtung in die Stränge der weissen Substanz ausstrahlenden Scheidewände zu bilden, ordnen sich die fadenförmigen Fortsätze der Bindegewebszellen vorwiegend in unter einander paralleler Richtung an; eine beträchtliche Zahl verläuft jedoch in anderer Richtung, und aus dem ganzen Umfange entspringen Scheidewände, welche direct zwischen die Nervenfasern eintreten. Andererseits ver-

binden sich viele zwischen den Fasern zerstreute Zellenfortsätze mit den Scheidewänden, vermehren ihre Dicke und erhalten in dem ganzen Bindegewebsstroma des Rückenmarks eine ununterbrochene Verbindung.

Es betsteht also kein Unterschied zwischen dem Gewebe der Scheidewände und dem zwischen den einzelnen Nervenfasern liegendem Stroma, oder, wenn etwa ein Unterschied besteht, so beschränkt er sich auf die grössere oder geringere Zartheit der Elemente, indem die Scheidewände gröbere Zellen mit stärkeren, starren Fortsätzen aufweisen, während die hie und da zwischen den Zellen zerstreut liegenden Elemente zu den zartesten gehören und sehr feine und weiche Fortsätze besitzen. — Bisweilen werden die Nervenfasern nur durch einige sehr feine Bindegewebsfasern von einander getrennt, und an einigen Stellen, besonders wo sie von geringem Durchmesser sind, scheinen viele sich unmittelbar zu berühren.

Es ist durchaus nicht richtig, dass die Nervenfasern der weissen Stränge durch Scheidewände in Bündel erster und zweiter Ordnung geschieden werden. Die Scheidewände sind in senkrechter Richtung nicht zusammenhängend, sie bilden also keine eigentlichen Zwischenschichten, welche die Nervenfasern genau in von einander unterschiedene Bündel trennen. Mit Ausnahme des hinteren Septums sind sie nur Stränge von verschiedener Dicke, welche nach jeder Richtung ausstrahlen und nicht nur, wie bemerkt wurde, durch von ihnen ausgehende oder in ihnen zusammenlaufende Fasern mit dem schwachen, zwischen den einzelnen Nervenfasern liegenden Stroma in zusammenhängender Verbindung stehen, sondern auch, sich fortwährend weiter theilend, secundäre Trabekeln aussenden, oft aus wenigen, reihenförmig geordneten Zellen bestehend, welche ihrerseits sich mit den Faserbündeln der zwischen den Nervenbündeln zerstreuten Bindegewebszellen verbinden; auf diese Weise bildet sich ein an einigen Stellen mehr, an anderen weniger dichtes Netz von Bindegewebe, oder aus einigen hie und da zerstreuten Zellen bestehend, wo nämlich die Nervenfasern verlaufen.

Die von Nervenzellen ganz freie Gewebsschicht, welche sich an der ganzen Peripherie des Rückenmarks, sowie an den beiden einander entgegengesetzten Oberflächen befindet, welche der vorderen und hinteren Scissur entsprechen, unterscheidet sich nur dadurch von dem inneren Stroma, dass ihre Structur dichter ist und dass die Zellkörper im Verhältniss zur Fasermasse viel seltener sind, sowie auch durch die grössere Grobheit und Starrheit der Zellenfortsätze. Kurz, die ganze Schicht zeigt alle Charaktere des älteren Bindegewebes. — Zur Bildung der Schicht tragen viele Fortsätze der mehr oder weniger tief zwischen dem Marke liegenden Zellen bei, und andererseits dringen die Fortsätze der diese Schicht bildenden Zellen bisweilen tief in das Innere ein und tragen zur Bildung des interstitiellen Stromas der weissen Stränge bei. Mit derselben Schicht stehen ferner alle Scheidewände in Verbindung, welche man von der Peripherie nach dem Innern des Rückenmarks eindringen und sich theilen sieht.

Die verschiedenen Theile, in welche die weisse Substanz des Rückenmarks von den Anatomen geschieden wird (vordere, seitliche, hintere Stränge), bieten in Bezug auf den Bau des interstitiellen Stromas keine Unterschiede, welche specielle Betrachtung verdienten; alles beschränkt sich, auch in dieser Beziehung, auf die grössere oder geringere Feinheit der Bindegewebselemente. Bisweilen wiegen sehr grosse, abgeplattete Zellen mit ebenfalls abgeplatteten Fortsätzen vor, wie in den vorderen Strängen, bisweilen die unregelmässig rundlichen oder länglichen, mit sehr feinen, fadenförmigen, glänzenden Fortsätzen.

Der Unterschied in der Menge des interstitiellen Bindegewebsstromas in den verschiedenen oben genannten Theilen der weissen Substanz ist schon von vielen Beobachtern genau beschrieben worden, daher halte ich es für überflüssig, über diesen Gegenstand Einzelheiten vorzuführen.

In der grauen oder Medullarsubstanz zeigt das reichliche, zwischen den Nervenzellen und -fasern liegende Stroma im Vergleich mit dem, welches die Nervenfasern der weissen Substanz von einander trennt, nur unbedeutende Abweichungen. Es besteht ausschliesslich, oder wenigstens mit grossem Uebergewicht, aus Zellen, welche, wie die der weissen Substanz, eine unzählbare Menge von sehr langen, äusserst feinen, sich auf die verwickeltste Weise kreuzenden, aber sich niemals verzweigenden, oder mit einander so, dass ein Netz entstände, anastomosirenden Fortsätzen aussenden.

Wenn etwas über die Form der Bindegewebselemente der grauen Substanz zu bemerken ist, so ist es nur dies, dass sie im Allgemeinen weicher und zarter sind, als die der weissen Substanz, und dass viele sowohl im Protoplasma, als in den Fortsätzen ausserdem jenes besondere feinkörnige Aussehen haben, welches auch dem Bindegewebe der grauen Substanz des Gross- und Kleinhirns eigen ist. Die ausserordentliche

Zartheit aber und das feinkörnige Aussehen beobachtet man ausschliesslich oder doch am deutlichsten an den Centraltheilen der Säulen der grauen Substanz, und besonders an den Stellen, wo die Nervenzellen eingebettet liegen. In den mehr peripherischen Theilen, wo das Bindegewebsstroma abnimmt und die Nervenfasern in demselben Maasse zunehmen, geht man allmählich in die weisse Substanz über und trifft Zellen an, welche sich von denen der Stränge der weissen Substanz in nichts unterscheiden.

Die ungefähr 0,3 mm breite Gewebszone, welche halbmondförmig die hintere und einen mehr oder weniger grossen Theil der seitlichen Oberfläche der grauen Hinterhörner bekleidet, und sich makroskopisch von dem übrigen Theile der Kernsubstanz durch mehr röthliche Farbe und gelatinöses Aussehen unterscheidet — daher sie auch gelatinöse Substanz (von ROLANDO) genannt wurde — unterscheidet sich mikroskopisch von dem Reste der grauen Substanz nur dadurch, dass sie fast ausschliesslich aus Bindegewebe besteht. Sie wird nur von wenigen Nervenfasern durchzogen und enthält keine Nervenzellen. Die einzelnen Bindegewebselemente sind hier noch zarter als anderwärts und bestehen grösstentheils aus kleinen, rundlichen, von wenig Protoplasma umgebenen Kernen. Die Fortsätze, mit welchen der grösste Theil dieser Zellen reichlich umgeben ist, sind äusserst fein und zart, weswegen man in Zerzupfungspräparaten nur kleine, rundliche Zellen ohne Fortsätze antrifft.

Auch die sogenannte gelatinöse Substanz STILLING's, also die Gewebsschicht, welche das Epithel des Centralkanals umgiebt, zeigt keine wesentliche Verschiedenheit von dem ganzen übrigen Bindegewebsstroma des Rückenmarks. An ausgepinselten Schnitten erkennt man darin einen sehr feinfaserigen Bau, und in Zerzupfungspräparaten, sowie auch an den Schnitten selbst bemerkt man, dass die hie und da in dem Gewebe zerstreut liegenden Kerne zu Zellen von dem allgemeinen Typus der Bindegewebszellen des Centralnervensystems gehören, nur dass die fadenförmigen Fortsätze, welche den grössten Theil des Gewebes ausmachen, trotz ihrer Feinheit sehr deutlich den Charakter der Starrheit zeigen, so dass sie eine entschiedene Aehnlichkeit mit elastischen Fasern haben. Die Zellkörper sind auffallend kräftiger, als in anderen Theilen der grauen Substanz, und darum leichter zu isoliren.

Auch die sehr langen, fadenförmigen Verlängerungen der cylindrischen Epithelzellen, welche den Centralkanal auskleiden, tragen dazu bei, das Fasergeflecht dieses Gewebes noch verwickelter zu machen. In geringer Entfernung von ihrem Ursprungspunkte nehmen diese Fäden genau dasselbe Aussehen an, wie die nahe liegenden Bindegewebsfasern.

No. II.

Ueber den Bau der grauen Substanz des Grosshirns.

Von

Dr. Camillo Golgi,

medicinisch-chirurgischem Primärarzte des Hospitals für Unheilbare in Abbiategrasso.

Vorgetragen dem R. Istituto Lombardo di Scienze e Lettere.

(Vorläufige Mittheilung.)

Mit Hilfe der von mir entdeckten Methode der Schwarzfärbung der Hirnelemente durch längeres Eintauchen der vorher in chromsaurem Kali oder Ammoniak gehärteten Stücke in einhalb- oder einprozentige Lösung von salpetersaurem Silber fand ich in Bezug auf den Bau der grauen Hirnsubstanz einige Thatsachen, welche, wie ich glaube, sogleich mitgetheilt zu werden verdienen.

I.

Zuerst lehrte O. DEITERS bloss nach Analogie dessen, was er im Rückenmarke beobachtet hatte, dass unter den vielen Fortsätzen der Nervenzellen einer, den er den nervösen Fortsatz oder den des Axencylinders nennt, besondere Charaktere und eine eigenthümliche Bedeutung habe, weil er bestimmt sei, sich direct in eine Nervenfaser fortzusetzen; dann soll KOSCHENNIKOFF die Vermuthung von DEITERS bestätigt haben, und endlich haben BUTZKE und BOLL, die letzten, die sich mit dem Gegenstand beschäftigten, ebenfalls behauptet, den directen Zusammenhang der Fortsetzung des Axencylinders mit einer Nervenfaser gesehen zu haben. Seitdem hat man immer einstimmig behauptet, es sei ein constanter Charakter dieses Fortsatzes, sich nicht zu verästeln. Gegen diese einstimmige Angabe der Beobachter muss ich jetzt behaupten, dass der genannte Fortsatz durchaus nicht ungetheilt bleibt, sondern eine gute Zahl von Aesten abgiebt, welche wieder Fäden aussenden, und diese liefern wieder andere, so dass ein verwickeltes Fasersystem entsteht, welches sich in der grauen Hirnsubstanz überall hin verbreitet.

Nachdem sich der genannte Fortsatz entweder direct vom Zellkörper (gewöhnlich von der nach der weissen Substanz zu gekehrten Seite desselben) oder von der Wurzel eines der grossen protoplasmatischen Fortsätze getrennt hat, welche von der bezeichneten Oberfläche der Zelle ausgehen, verschmälert er sich von seinem Ausgangspunkte an bis zu der Stelle, wohin die gewohnten Präparationsmethoden ihn zu verfolgen erlauben (20—30 μ), allmählich zu einem feinen Faden, bleibt aber ungetheilt, geradlinig, regelmässig, glatt. An der genannten Stelle zeigt er oft eine kleine Krümmung, bleibt dann bisweilen noch eine Strecke weit einfach und beginnt erst nach weiteren 30—40 μ Seitenfäden auszusenden; am häufigsten beginnt die Theilung sogleich nach der Krümmungsstelle und setzt sich in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen so weit fort, als das Gelingen der Schwarzfärbung seinem Laufe zu folgen erlaubt. Er behält seine Regelmässigkeit und Glätte, nimmt aber einen etwas gekrümmten Verlauf an (vielleicht in Folge von Schrumpfung des Gewebes) und wird allmählich immer dünner, zuletzt äusserst fein. Ich habe ihn auf mehr als 600 μ verfolgen können (mehr als sechsmal weiter als die Stelle, wo KOSCHENNIKOFF den Anfang der Markscheide gesehen haben will), und bis zu dieser äussersten Entfernung habe ich an gelungenen Präparaten Fäden abgehen sehen.

Durch das Vorhandensein der Verzweigungen wird der nervöse Fortsatz den anderen Fortsätzen, welche sich bekanntlich auf die complicirteste Weise verästeln, durchaus nicht gleichgestellt, sondern man kann ihn von denselben noch entschiedener abtrennen, denn die Art, wie er die Fäden aussendet, ist ihm ganz eigenthümlich und kann einen weiteren Unterschied abgeben. Seine secundären Zweige trennen sich regelmässig in rechten Winkeln ab und weichen im Aussehen, im Verlauf und in der Verzweigung nicht ab. Was ihre Richtung betrifft, so laufen sie bald eine kurze, bald eine lange Strecke horizontal, dann biegen sie sich im Allgemeinen nach oben um, nach der Peripherie der Rinde zu, und man kann sie sehr weit von den Zellen verfolgen, aus denen sie herstammen. Auf ganz ähnliche Weise verhalten sich auch die Verzweigungen dritter und vierter Ordnung. Man kann die Art der Verästelung und das allgemeine Aussehen dieser Fäden mit nichts besser vergleichen, als mit der Vertheilung der peripherischen Nerven, z. B. deren der Hornhaut; dies scheint mir für das Studium der physiologischen Bedeutung dieser Nerven einigen Werth zu haben.

Ich bin jetzt noch nicht im Stande, die Geschichte weder des eigentlich so genannten nervösen Fortsatzes, noch der von ihm ausgehenden Fäden zu geben, aber in Bezug auf den ersteren glaube ich schon jetzt der allgemein angenommenen Meinung widersprechen zu können, dass er immer den Axencylinder der nervösen Markfasern liefere, dies ist wenigstens nicht das allgemeine Gesetz. Die Thatsache der Verästelung und der gleichzeitigen allmählichen Verdünnung genügt schon, um diese Meinung zu widerlegen, und ausserdem habe ich, wenn auch selten, andere Verhaltungsarten des fraglichen Fortsatzes beobachtet. In einigen Fällen sah ich ihn sich an andere Fäden ansetzen, von demselben Aussehen, welche entweder schief nach unten oder quer verliefen, in anderen Fallen sah ich ihn sich umbiegen, eine weite oder sehr enge Schlinge bildend, um eine der früheren entgegengesetzte Richtung zu verfolgen, indem er in gerader Linie lange Strecken (300—400 μ) durchlief, wobei ich jedoch nicht dafür stehen kann, dass es sich in diesen Fällen um eine Umbiegung nach rückwärts und nicht vielmehr um das Zusammentreffen der Nervenfortsätze zweier in verschiedener Höhe liegenden Ganglienzellen handelte; andere Male sah ich ihn in nicht grosser Entfernung (40—60 μ) von dem Ursprung aus der Zelle plötzlich in seinem Laufe innehalten und sich scharf in zwei Fäden theilen, welche horizontal in entgegengesetzter Richtung auseinander laufen und nach Entsendung zahlreicher Fädchen äusserst dünn werden. Endlich konnte ich in einer gewissen Zahl von Fällen sehen, dass der fragliche Fortsatz, nachdem er in gerader Linie sehr lange Strecken (400—600 μ) durchlaufen und eine sehr grosse Menge von secundären Fäden abgegeben hatte und zuletzt unmessbar fein geworden war, sich in drei oder vier nach verschiedenen Richtungen laufende Zweige theilte, in kurzen Entfernungen von einander abgehend, gewunden, und die ich nur auf kurze Strecken verfolgen konnte. Trotz alledem will ich jetzt nicht leugnen, besonders nach den directen Beobachtungen von Koschennikoff, Hadlich, Boll etc., dass bisweilen der nervöse Fortsatz direct in eine Markfaser übergeht, ohne sich zu verzweigen oder sonst zu verändern, aber nach meiner Meinung bildet dies, was die pyramidalen Zellen betrifft, nicht die Regel, sondern die Ausnahme.

Was das Endschicksal der Verzweigungen des nervösen Fortsatzes betrifft, so kann ich nur behaupten, dass seine Verbindung mit den Körnchen der grauen Substanz gewiss ist (vielleicht durchbohren sie die Körnchen), zu denen auch aus verschiedenen Richtungen andere Fäden von gleichem Aussehen zusammenlaufen. Ich muss auch als wahrscheinlich eine andere Thatsache bezeichnen, welche, wenn sie bestätigt würde, grosse Wichtigkeit für das Studium der Physiologie des Nervensystems haben würde, nämlich die Anastomosen zwischen den aus der Verlängerung der Axencylinder verschiedener Ganglienzellen entstehenden Fäden. — Es ist gewiss, dass sich in der Hirnrinde, und besonders in der grauen Substanz, ein System von unter einander anastomosirenden Fäden findet, welche nach ihrem Aussehen, der Art ihres Verlaufs und ihrer Verzweigung, sowie auch durch ihre Verbindung mit den Körnchen durchaus den Filamenten entsprechen, deren Herkunft aus den Deiters'schen Fortsätzen der Nervenzellen leicht nachzuweisen ist.

II.

Noch eine andere Reihe von interessanten Thatsachen liess mich meine neue Präparirmethode wahrnehmen; sie betreffen das Verhalten der sogen. protoplasmatischen oder verzweigten Fortsätze.

Von den verschiedenen, von den Forschern über diesen Punkt ausgesprochenen Meinungen werde ich nur zwei anführen, welche wenig von einander abweichen, die von Rindfleisch und die von Gerlach. Der

erstere behauptet, dass die protoplasmatischen Fortsätze, nachdem sie in eine Reihe feinster Fädchen zerfallen sind, sich in eine interstitielle, körnige Substanz (diffuse Nervensubstanz nach der alten Ansicht von WAGNER, HENLE etc.) auflösen, und in diese sollen ebenfalls, nachdem sie sich in Faserbündel von äusserster Feinheit getheilt haben, auch die Axencylinder vieler Markfasern endigen. GERLACH, welchem vor nicht langer Zeit auch BUTZKE, BOLL und Andere zugestimmt haben, meint dagegen, die protoplasmatischen Fortsätze, nachdem sie sich in unendlich feine Fäden zertheilt hätten, bildeten ein so feines, nervöses Netz, dass es nur unter den stärksten Immersionssystemen sichtbar werde. Aus diesem Netze entsprängen durch Faserpinsel die Axencylinder der Nervenfasern, so dass auf diese Weise zwischen letzteren und den protoplasmatischen Fortsätzen ein zusammenhängendes nervöses Netz vorhanden sei.

Auch in diesem Punkte muss ich von den oben genannten Beobachtern wesentlich abweichen.

Die protoplasmatischen Fortsätze, ehe sie sich gänzlich zertheilen, sei es, um sich in eine amorphe Grundsubstanz aufzulösen (RINDFLEISCH), sei es, um die Bildung eines Netzes zu bewirken (GERLACH), treffen auf die Zellen des interstitiellen Gewebes, wenn sie zu Verzweigungen zweiter, dritter oder höchstens vierter Ordnung geworden sind. Die genauen Beziehungen, welche zwischen den genannten Fortsätzen und den Zellenkörpern bestehen, ob sie nämlich ihre Individualität behalten oder sich innig mit ihnen verbinden, fast verschmelzen, konnte ich nicht erkennen. Wahrscheinlich geschieht sowohl das Eine, als das Andere. In der That scheint es bisweilen, als ob die Fortsätze die Körper der interstitiellen Zellen durchbohrten, um sich zu anderen, entfernteren zu begeben, ein andermal endigen die Fortsätze entschieden in den Zellen; im zweiten Falle findet wahrscheinlich eine Verschmelzung der protoplasmatischen Zellensubstanz mit der der Fortsätze statt, und beide fliessen in dem Zellkörper zusammen.

Das Zusammentreffen der protoplasmatischen Fortsätze mit den Zellen des interstitiellen Gewebes erkennt man besonders gut an denen der Spitze der pyramidalen Zellen der Hirnrinde. Die Zellen, mit denen diese zusammenfliessen, liegen in einigen Windungen unmittelbar an der Oberfläche, in anderen in einiger Tiefe und sind horizontal ziemlich regelmässig in zwei oder drei Reihen angeordnet. Dann ist es besonders erwähnenswerth, dass die mehr oder weniger tief in der Hirnrinde liegenden Ganglienzellen ihre Fortsätze nach verschiedenen Zellen der Oberfläche schicken, welche von einander sehr entfernt liegen. — Schon gegen die Mitte der grauen Rindenschicht theilt sich oft der Fortsatz der Spitze der grossen pyramidalen Zellen, welche im inneren Drittheil dieser Schicht liegen, in zwei Aeste, welche sich beide schief nach oben richten, von den Seiten von Stelle zu Stelle dünne Zweige aussendend, bis sie, dünner geworden, aber immer noch eine ziemliche Dicke bewahrend, in der Nähe der Oberfläche ankommen und bald sogleich in die Zellen, welche sie daselbst antreffen, eintreten, bald, und zwar häufiger, sich nochmals in zwei, drei oder höchstens vier Zweige theilen, von denen jeder sich mit einer Zelle entweder der Oberfläche oder der oben genannten horizontalen Schicht verbindet. Es kommt auch vor, dass einige von diesen Aesten über die Zellenreihe hinausgehen, sich seitlich umbiegen und auf die beschriebene Weise erst dann zu Ende kommen, wenn sie in der neuen Richtung eine mehr oder weniger lange Strecke durchlaufen haben; und so entsteht eine noch grössere Verwickelung der Beziehungen zwischen den Ganglienzellen und den interstitiellen Zellen. Diese letzteren werden unter einander durch zahlreiche Fäden verbunden, so dass an einigen Stellen in der Nähe der Hirnrinde ein sehr verwickeltes Geflecht entsteht. An einigen Stellen schien es mir ferner, als ob eine Verbindung zwischen den Zellen der Oberfläche des Gehirns (welche ich als abgeplattet und Fortsätze sowohl in horizontaler, als verticaler und schiefer Richtung nach dem Innern der Hirnrinde aussendend beschrieben habe) und denen der oben beschriebenen Reihe, welche in einiger Tiefe in der Hirnrinde liegt, bestände.

Was die secundären, aus den Seiten des Fortsatzes der Spitze hervortretenden Zweige betrifft, so begeben sie sich zu den kleinen, in den Zwischenräumen liegenden Zellen.

Dasselbe findet mit den protoplasmatischen Fortsätzen der Basis statt, aber es ist sehr schwer, es wahrzunehmen, weil die Fortsätze sich nicht sogleich zu den nächsten Zellen begeben, sondern weit in die Ferne gehen, häufig auch einen unregelmässigen Verlauf nehmen, so dass man einerseits die zierlichen Ganglienzellen mit sehr langen Fortsätzen, andererseits, besonders in der inneren Hälfte der Hirnrinde, grosse Zellkörper sieht, von welchen ausgeht, oder besser zu welchen hinfliesst eine ungeheure Menge von Filamenten, die zum grössten Theile den Zweigen zweiter, dritter und vierter Ordnung der protoplasmatischen Fortsätze in Allem ähnlich sind, aber nur selten kann man ihre Verbindung mit diesen Zellen feststellen.

Ich halte es für zweckmässig, auf die folgende, für die Physiologie des Gehirns wahrscheinlich ziemlich wichtige Thatsache hinzuweisen: Zu den Zellen, zu welchen die Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze zusammenlaufen, begeben sich auch aus verschiedenen Richtungen Fasern, welche wegen ihres glatten, gleichförmigen Aussehens, wegen eines gewissen Anscheins von Starrheit, wegen ihres Verlaufs und ihrer Theilungsweise vollkommen dem beschriebenen Systeme von Fasern entsprechen, welche von den nervösen Fortsätzen der Ganglienzellen ausgehen. Gehören sie wirklich diesem Systeme an? Es scheint mir wahrscheinlich, besonders in Ansehung der von mir festgestellten Thatsache, dass die von den nervösen Fortsätzen ausgehenden Filamente sich mit den Körnchen verbinden; doch glaube ich nicht, dass man sich darüber mit voller Sicherheit aussprechen könne.

Wenn ich in weiteren Untersuchungen einige Befunde genauer bestimmt und neue Einzelheiten entdeckt haben werde, so wird es mir vielleicht erlaubt sein, den berichteten Thatsachen passende, abschliessende Betrachtungen beizufügen; für jetzt beschränke ich mich auf folgende beschränkte Darlegungen:

Was das Fasersystem betrifft, welches von dem nervösen Fortsatze der Ganglienzellen ausgeht, so scheint es mir, man könne zwei Hypothesen aufstellen, beide auf kräftige Gründe gestützt und vielleicht beide richtig. Die eine ist die, dass sie die trophischen Nerven des Gehirns darstellen, die zweite, dass sie auf irgend eine Weise, die ich bis jetzt nicht näher bestimmen kann, zum Ursprunge der Nerven beitragen. Zu Gunsten der ersten sprechen: ihre wesentlich nervöse Natur, ihr besonderes Aussehen, die Art ihres Verlaufs und ihrer Verzweigung, welche, wie schon bemerkt, an die peripherischen Nerven erinnert, und endlich der Umstand, dass sie an die Zellen des interstitiellen Gewebes herantreten. — Die zweite Hypothese kann vielleicht zu gewagt scheinen, und in der That kann ich, was das Gehirn im Besonderen betrifft, keinen anderen auf Beobachtung beruhenden Grund zu ihren Gunsten anführen, als die Verzweigungen der Nervenfasern, welche aus den Medullarschichten in die graue Substanz eintreten und denen der nervösen Fortsätze ähnlich sind. Aber es scheint mir, dass zur Stütze der neuen Ursprungs- oder Endigungsart der Nerven, auf welche ich soeben hingedeutet habe, die für diese Besonderheit bedeutsamen Befunde dienen können, welche ich im Kleinhirn und Rückenmark gemacht habe.

In dem ersteren habe ich, ausser der complicirten Verzweigung des Axencylinderfortsatzes der Zellen von Purkinje, gefunden: 1) Eine sehr complicirte Verzweigung der Nervenfasern, welche von den Markstrahlen durch die Körnerschicht nach der äusseren Rindenschicht verlaufen, und, was am wichtigsten ist, die Verzweigungsart, ähnlich der der nervösen Fortsätze der Ganglienzellen sowohl des Gross- als Kleinhirns, nämlich in rechten Winkeln und schon bei geringen Vergrösserungen sichtbar (80—100 Dm.). 2) Der rechtwinklige Ansatz einiger Verzweigungen der Nervenfasern an ein besonderes System horizontaler oder gebogener Fasern, welche in der tiefen Hälfte der äusseren Schicht der Kleinhirnrinde in grosser Menge vorhanden sind. An der Herstellung dieses Systems betheiligen sich einige von den nervösen Fortsätzen der Purkinje'schen Zellen ausgehende Fasern. (Meine interessanten Befunde über das Kleinhirn werden in einer späteren Mittheilung von mir beschrieben werden.) — Ferner habe ich im Rückenmarke ebenfalls zierliche Verzweigungen der Fasern der Wurzeln beobachtet; aber auch hier bestätigt sich die angeblich pinselförmige Zertheilung durchaus nicht, sondern die secundären Zweige gehen immer einzeln und im rechten Winkel ab.

Was die Bedeutung der Zellen betrifft, zu welchen sich die protoplasmatischen Fortsätze begeben, so kann man, glaube ich, ebenfalls zwei Vermuthungen aufstellen: dass sie entweder zur Herstellung der anatomischen Verbindung zwischen den Nervenzellen dienen, oder dass sie Ernährungsorgane eben dieser Nervenzellen sind. Ich will jetzt nicht die Gründe für die eine und die andere Hypothese auseinandersetzen, sondern nur sagen, dass ich eher zu der zweiten hinneige, umsomehr, da sie nach meiner Meinung, auch die Erscheinungen der functionellen Verbindung zu erklären erlaubt, welche man noch vor kurzem nur durch die Annahme einer directen Verbindung oder Anastomose zwischen den Zellfortsätzen erklären zu können glaubte. Und in der That, wenn, wie es wirklich der Fall ist, die Folge der Reizung (auch der psychischen) der Nervenzellen des Gehirns in einer Veränderung der Ernährung besteht, also in Beschleunigung der Reductionsprocesse und vermehrter Aufnahme von Nahrungsstoff, so kann man sicher annehmen, dass bei Erregung einiger Zellengruppen auch andere Gruppen an den in diesen Zellen vorgehenden Veränderungen Theil nehmen, deren Wurzeln (protoplasmatische Fortsätze) aus denselben Quellen Nahrung schöpfen und sich wahrscheinlich unter dem Einfluss derselben trophischen Nervenfäden befinden.

No. III.

Ueber die feinere Anatomie des menschlichen Kleinhirns.

Von

Dr. Camillo Golgi.

Vorgetragen vor dem Istituto Lombardo di sc. e lett. in der Sitzung vom 8. Januar 1874.

Die in dieser Arbeit besprochenen Befunde sind ebenfalls Früchte der von mir gefundenen Präparationsmethode, welche in länger dauernder Einlegung der in doppeltchromsaurem Kali gehärteten Stücke in eine einprocentige Höllensteinlösung besteht. — Vermittelst dieser Methode färben sich die Gewebselemente schwarz (die Nervenelemente intensiv schwarz, das Bindegewebe röthlich-schwarz), während die interstitiellen Theile ihre normale, blasse Farbe behalten. Was diese Methode besonders werthvoll macht, ist dies, dass je nach der Dauer der Härtung im Bichromate sich bald nur die eine, bald nur die andere Reihe von Elementen färbt; es färben sich z. B. bald nur die Nervenfasern mit ihren feinsten Verzweigungen, bald nur die zelligen Elemente (Nerven und Bindegewebe), oder endlich ein Theil der einen und der anderen; dies erlaubt am besten die Untersuchung ihrer gegenseitigen Beziehungen.

Alle Gewebselemente des Kleinhirns habe ich nach dieser neuen Methode studirt, und fast über jedes derselben gelang es mir, einige interessante Einzelheiten zu entdecken.

I.

An die Spitze der Beschreibung der neuen Thatsachen, welche ich über den Bau der Kleinhirnwindungen gefunden habe, stelle ich die Schilderung eines besonderen Systems von Nervenfasern, welche sich in der äusseren Schicht der Rinde, der sogenannten Molecularschicht finden. Ich halte diese vorläufige Beschreibung für zweckmässig, obgleich man, wie sich später zeigen wird, dieses Fasersystem als eine Fortsetzung der Fasern betrachten kann, welche die Körnerschicht durchsetzen, weil zu ihrer Bildung alle Nervenelemente der Windungen beitragen, und, weil ausserdem das Studium eben dieses Systems direct zur Lösung der Fragen über die Ursprungsweise der Nerven des Kleinhirns und über die Gesetze führt, welche die Beziehungen zwischen den Nervenfasern und -zellen beherrschen. Andererseits scheinen diese Fasern, wenn die Reaction des Silbernitrats in der richtigen Härtungsperiode eintritt (nach einer Eintauchung in Bichromat von 30—45 Tagen im Sommer, 2—3 Monaten im Winter) in der That ein eigenes System für sich zu bilden.

Die Fasern, auf deren Vorhandensein und auf deren Verhältnisse ich jetzt die Aufmerksamkeit der sich mit der feineren Anatomie Beschäftigenden richten möchte, sind bis jetzt von keinem Beobachter in ihrer wahren Erscheinungsweise beschrieben worden und finden sich in der ganzen äusseren Schicht des Kleinhirns, treten aber an Zahl und Dicke vorzugsweise in der inneren Hälfte dieser Schicht hervor. Im Allgemeinen verlaufen sie, besonders die bedeutendsten, welche im inneren Drittheil liegen, unter einander parallel

und sind grösstentheils von sehr bedeutender Länge, so dass viele von ihnen um eine ganze Windung herumlaufen. Mehrere Besonderheiten, ausser dem langen, horizontalen, bogenförmigen Verlaufe, tragen dazu bei, diesem Fasersysteme ein ganz besonders charakteristisches Gepräge aufzudrücken. Dies sind: 1) Die Verzweigungen, welche sie in ihrem ganzem Verlaufe sowohl in peripherischer, als in centraler Richtung abgeben. 2) Die Art der Verästelung: die secundären Zweige treten, wie ich schon beim Grosshirn bemerkt habe, rechtwinklig oder mit geringer Neigung hervor. 3) Die Verbindung der verschiedenen Fasern unter einander, welche bald durch kurze, von einer Faser ausgehende und sich an eine andere ansetzende Stämme stattfindet, bald auf directe Weise bei dem Zusammentreffen in verschiedener Richtung verlaufender Fasern geschieht. 4) Endlich ist eine besonders erwähnenswerthe Eigenthümlichkeit die Neigung dieser Fasern, ihren Verlauf durch merkwürdig verwickelte Windungen zu compliciren und zu verlängern. — Bald sind es lange, horizontale, oder verticale Schlingen, bald complicirte Windungen, oft so weit, dass es schwer wird, die beiden gegenüberliegenden Endpunkte zu sehen, oder auch eine Art von Knoten von verschiedener Form und Grösse, etc. Diese seltsamen Verlaufsweisen trifft man vorzugsweise in der mittleren Zone der Molecularschicht an, oder genauer gesagt, die längsten Windungen mit quer zurückkehrenden Curven bemerkt man besonders in den tiefen Theilen der Schicht, wo die Fasern am kräftigsten sind; wie sie allmählich zur Oberfläche aufsteigen, werden die Schlingen zahlreicher und nehmen einen beschränkteren Raum ein, daher man sie im Sehfelde des Mikroskops deutlicher sieht.

Was die Abstammung des hier beschriebenen Fasernsystems betrifft, so beschränke ich mich für jetzt darauf, zu bemerken, dass man sie als aus der Körnerschicht herkommend betrachten kann; man wird weiterhin sehen, dass ihr Ursprung ziemlich complicirt ist. — Wenn man die Grenzzone zwischen der Körnchenschicht und der äusseren Rindenschicht betrachtet, bemerkt man einen dichten Zaun von Fasern, vereinzelt oder zu Bündeln vereinigt, einige sehr dünn, andere stark, welche in gewöhnlich gekrümmtem Verlaufe, die Körper der PURKINJE'schen Zellen umkreisend und fortwährend Zweige aussendend, die genannte Zone durchziehen und in die äussere Rindenschicht eindringen, wo sie verschiedene Schicksale erfahren. Einige setzen sich sogleich (rechtwinklig, wenn sie horizontale Fasern antreffen, unter spitzem Winkel mit der Oeffnung nach unten, wenn sie aufsteigenden Fasern begegnen) an andere Nervenfasern fest, die sie in ihrem Verlaufe antreffen, andere beugen sich um und verlaufen parallel mit den horizontalen Fasern; andere, ehe sie sich umbiegen, ziehen in gerader Linie nach oben, bisweilen bis zur Mitte der Molecularschicht, ja noch weiter; einige wenige endlich treten nach kurzem. horizontalem oder verticalem Verlaufe zu den kleinen Nervenzellen, welche in der äusseren Rindenschicht zerstreut liegen; aber alle fahren fort, in einigermaassen regelmässigen Zwischenräumen, Fasern auszusenden, welche nach einem mehr oder weniger langen Verlaufe in strahliger Richtung sich entweder an andere Fasern ansetzen, oder sich horizontal zurückbiegen, oder sich auf verschiedene andere Weisen krümmen, aber immer fortfahren, sich zu verzweigen.

Aus dem, was ich bis jetzt gesagt habe, kann man schon schliessen, dass die das complicirte, soeben beschriebene Fasersystem bildenden Fibrillen bestimmt sind, an die kleinen Nervenzellen der moleculären Schicht heranzutreten. Es gelang mir in der That, diese Art ihrer Endigung in einer guten Zahl von Fällen zu bestätigen; bisweilen beobachtete ich es an den vertical aufsteigenden Fäden, welche von den bogenförmigen Fasern abgehen, öfter jedoch, nachdem diese zuerst verticalen Fibrillen auf verwickelte Weise hin und her gezogen waren; bisweilen endlich sah ich die Verbindung auf viel directere Weise mittelst der mässig starken, horizontal verlaufenden Fasern vor sich gehen.

Aus diesem ganzen Systeme von horizontalen, schiefen, verticalen, gewundenen Fibrillen und Fasern entsteht ein wirres Geflecht, ohne dass man jedoch sagen könnte, es sei ein wirkliches Netz in dem strengen Sinne des Wortes vorhanden. Die Fibrillen dritter, vierter und fünfter Ordnung scheinen immer eine gewisse Individualität zu bewahren, obgleich sie zuletzt ausserordentlich fein sind. Es scheint jedoch andererseits, dass an die einzelnen Nervenzellen zahlreiche, von verschiedenen Fasern herkommende Fibrillen herantreten.

II.

Ueber die Nervenzellen der äusseren Rindenschicht, welche ich schon mehrmals erwähnt habe, will ich einige neue Andeutungen geben, indem einige Beobachter zwar ihre Gegenwart anerkannt, aber keine

Vorstellung von ihrer Form, Lagerung und ihren Beziehungen geliefert haben, andere aber dieselbe durchaus leugnen.

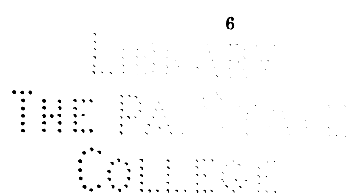
Dank meiner neuen Präparationsmethode ist das Vorhandensein von Nervenzellen in der Molecularschicht sehr leicht festzustellen, und man kann ausserdem mit voller Genauigkeit ihre Gestalt, das Gesetz ihrer Verzweigungen, ihre Lagerung und ihre Beziehungen angeben. Sie sind in ziemlich bedeutender Zahl vorhanden, und man kann rechnen, dass in einem bestimmten Raume ihrer ebenso viele da sind, als in der Grosshirnrinde. Sie finden sich in der ganzen Ausdehnung der Molecularschicht, also vom Grunde an, von der Höhe der Zellen von PURKINJE bis zur Oberfläche, in unmittelbarer Berührung mit der Pia mater, und haben ungefähr einen Durchmesser von 6—12 μ. Ihre Gestalt ist ganz verschieden sowohl von der der PURKINJE'schen Zellen, als von der der Grosshirnzellen. Es giebt ihrer von verschiedenem Typus; einige sind unregelmässig polygonal oder rundlich, andere eiförmig, andere verlängert-spindelförmig; vorwiegend sind sie dreieckig oder conisch, mit stark abgestumpften, gerundeten Ecken. Sie besitzen 4—5—6 Fortsätze oder auch mehr, welche sich dichotom auf elegante, verwickelte Weise verästeln. Für deren Natur gilt dasselbe Gesetz, wie für die Zellen der Grosshirnrinde, nämlich dass nur einer von ihnen als wesentlich nervös bezeichnet werden kann, insofern er bestimmt ist, sich in eine Reihe von Nervenfibrillen fortzusetzen; den anderen kommt mit Recht der Name von protoplasmatischen Fortsätzen zu, da sie eine directe Fortsetzung des Zellenprotoplasmas bilden und keine Nervenfasern abgeben.

Diese Fortsätze richten sich, was die gegen den Grund der Molecularschicht liegenden Zellen betrifft, im Allgemeinen nach der Peripherie des Kleinhirns und kommen dabei oft mit dem äussersten Rande der Rinde in Berührung; was die in der Peripherie der Schicht liegenden Zellen angeht, so ist die Richtung der protoplasmatischen Fortsätze nicht selten umgekehrt, diese wenden sich nämlich nach unten in die Körnerschicht. Gewöhnlich aber wird an letzterer Stelle, wie auch weiter unten, nach der Mitte der Schicht zu, keine bestimmte Richtung eingehalten; viele verlaufen horizontal, um sich nach verschiedenen Richtungen umzubiegen, einige gehen direct nach unten, andere nach der Peripherie.

Der nervöse Fortsatz geht gewöhnlich von einer Seite der Zelle aus, um sich dann nach unten oder oben umzubiegen. Nicht selten jedoch entspringt er von der unteren, nicht selten auch von der peripherischen Seite. Nicht weit von der Ursprungsstelle (6, 10, 20 μ) wird dieser Fortsatz äusserst dünn und beginnt, grösstentheils äusserst feine Filamente auszusenden, welche sich ihrerseits, ähnlich wie bei den Nervenzellen des Grosshirns, weiter zertheilen, mit dem Unterschiede, dass hier die Verzweigungen viel dünner sind und in geringeren Zwischenräumen auf einander folgen. In dem Verhalten der nervösen Fortsätze der fraglichen Zellen giebt es viele Verschiedenheiten, von denen einige verdienen hier angegeben zu werden. So steigen sie bisweilen senkrecht abwärts fast bis zur Höhe der PURKINJE'schen Zellen, um dann wieder aufzusteigen, eine verschieden weite Schlinge bildend und in diesem langen Verlaufe fortwährend seitliche Fäden aussendend; bisweilen bilden sie seltsame Krümmungen nach verschiedener Richtung; oft, und dies bemerkte ich vorzüglich gegen den Grund der Molecularschicht hin, nehmen sie einen einfach horizontalen Verlauf, den sie auf eine lange Strecke beibehalten, und wobei sich zahlreiche aufsteigende, aus der Körnerschicht kommende Nervenfasern an sie ansetzen; oft auch zerfallen sie in geringer Entfernung von ihrem Ursprung in 4, 5, 6 oder mehr verzweigte Fasern, welche in geringer Entfernung von einander abgehen und fast senkrecht bis nahe an die Körnerschicht hinabsteigen, wo sie sich dem Blicke entziehen. — In dem Verhalten dieses nervösen Fortsatzes wiederholt sich also ungefähr dasselbe, das wir an den Verzweigungen der Nervenfasern gesehen haben, so dass man, wenn es auch nicht immer gelingt, den directen Zusammenhang der Nervenfasern mit den eben beschriebenen Zellenfortsätzen festzustellen, doch schliessen kann, dass jede der von demselben Fortsatze ausgehenden Fasern eine Nervenfaser bildet oder sich mit einer Nervenfaser verbindet, eine Verbindung, welche übrigens jetzt, wie schon bemerkt wurde, leicht zu constatiren ist.

III.

Was die Zellen von PURKINJE betrifft, so lässt die Untersuchung nach meiner Methode behandelter Stücke manche interessante Einzelheiten erkennen. Wenigstens lässt uns die Silbernitratmethode auch an Schnitten die Verzweigungen in ihren feinsten Einzelheiten erkennen, was mit den bis jetzt bekannten Verfahrungsweisen durchaus unmöglich war.



Die Verzweigungsart der protoplasmatischen Fortsätze scheint uns von der bisher von den Histologen beschriebenen bedeutend abzuweichen, ohne die in den letzten Jahren erschienenen Darstellungen von Hadlich, Obersteiner und Boll auszuschliessen.

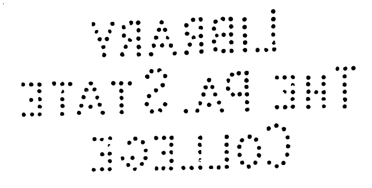
Im Ganzen finden wir das Aussehen eines einförmigen, groben, zusammenhängenden Netzes (schon bei schwachen Vergrösserungen, wie Obj. 4, Ocul. 3 Hartnack, ist solches sichtbar), welches sich vom Grunde bis zur Oberfläche der Molecularschicht erstreckt. Bei aufmerksamerer Betrachtung bemerkt man, dass es sich nicht um ein Netz in engerem Sinne, sondern um ein dichtes, complicirtes Geflecht handelt, von dem sich wohl nur durch Abbildungen eine der Wahrheit nahe kommende Darstellung wird geben lassen. – Es handelt sich um ein System von Verzweigungen, welche von dem ganzen Umfange der protoplasmatischen Fortsätze entspringen, von deren erstem Ursprunge aus dem Zellkörper an bis zu den feinsten, bis jetzt beschriebenen Unterabtheilungen, sich auf die seltsamste Weise kreuzen und winden; und so entsteht dieses gleichförmige Geflecht von netzförmigem Aussehen, welches sich vom Grunde aus bis zur Peripherie der äusseren Rindenschicht erstreckt.

Ueber die Art der Endigung der Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze glaube ich noch nicht mit hinreichender Sicherheit urtheilen zu können; doch glaube ich schon jetzt die Ansicht aussprechen zu können, dass sie nervösen Fasern den Ursprung geben und so das feine, von Boll beschriebene Netz zu Stande bringen, die Matrix nervöser Medullarfasern.

Noch interessanter ist das Verhalten des nervösen Fortsatzes der Zellen von Purkinje, oder des sog. »Cylinderaxen«-Fortsatzes. Dieser tritt bekanntlich aus der gegen die Körnerschicht gewendeten Seite der Zellen hervor und ist, wenn er nach meiner Methode tief schwarz gefärbt ist, auch bei den schwächsten Vergrösserungen auf den ersten Blick kenntlich. Er durchsetzt die ganze Körnerschicht mit bald geradlinigem, bald schiefem, bald in S-förmigem oder sehr complicirt gewundenem Verlauf und tritt in die Medullarschichten ein, in denen man ihn in Verbindung mit Nervenbündeln bisweilen auf weite Strecken verfolgen kann (bis zu 500—600 μ). Während dieses langen Verlaufs bleibt er nicht einfach, wie die Beobachter seit Deiters geglaubt haben, sondern sendet fortwährend Zweige aus, welche sich wieder vielfach verästeln und bei ihrer Art der Theilung Gesetze befolgen, welche denen für die Verzweigungen des nervösen Fortsatzes der Grosshirnzellen fast gleich sind. In Bezug auf dieses von dem sogen. Cylinderaxen-Fortsatze der Purkinje'schen Zellen ausgehende Fasersystem verdienen zwei Thatsachen besonders hervorgehoben zu werden: 1) die Neigung vieler dieser Fasern, sich nach oben umzubiegen und nach der äusseren Rindenschicht hinzulaufen; 2) ihre Verbindung mit Kernen, welche auf ähnliche Weise stattfindet, wie die der Verzweigungen der Nervenfasern, welche aus den Markstrahlen stammen.

Die Fasern, welche sich nach oben umbiegen, um in die Molecularschicht zu gelangen, haben einen gewundenen Verlauf, wobei sie von Stelle zu Stelle Fäserchen abgeben, welche sich entweder in der Körnerschicht verlieren oder ebenfalls nach oben gehen. Diese und die ersten bleiben bisweilen während ihres Verlaufs isolirt, öfter aber verbinden sie sich mit nervösen Fasern und Fäserchen, welche ebenfalls auf oben beschriebene Weise in die äussere Rindenschicht eindringen. Dort angelangt, biegen sie sich gewöhnlich horizontal um und machen einen Theil des oben beschriebenen Systems von Fasern aus, mit denen ich sie auch bisweilen in Verbindung treten sah; gewöhnlich aber, mit den Nervenfasern vereinigt und vermischt, entziehen sie sich der Beobachtung, ohne dass es gelingt, ihr endliches Schicksal festzustellen. Aber wenn man aus der Thatsache, dass sie das Aussehen, die Art des Verlaufs und der Verzweigung des von mir beschriebenen bogenförmigen Fasersystems annehmen, und vorzüglich aus der bewiesenen Verbindung zwischen beiden Fasersystemen einen Schluss zieht, so kann man, glaube ich, als allgemeine Regel annehmen, dass die von dem nervösen Fortsatze Purkinje's ausgehenden Fasern einen wesentlichen Theil des Systems der nervösen Fasern der Molecularschicht ausmachen, welches, wie wir sahen, einestheils aus den nervösen Fortsätzen der kleinen Ganglienzellen derselben Molecularschicht, anderntheils aus den von den Markstrahlen herkommenden Faserbündeln besteht, so dass man dieses System gleichsam als einen Vermittler zwischen den Markfasern und den kleinen Ganglienzellen betrachten könnte. Dies angenommen, so würden die besprochenen, aus den Zellen von Purkinje stammenden Fasern gewissermaassen Verbindungsfasern zwischen zwei verschiedenen Zellenarten sein.

Auch über den Bau der Körnerschicht konnte ich einige interessante Einzelheiten entdecken.



Vor allem möchte ich mich über die Natur und Beschaffenheit der Elemente, welche man als Körner zusammenzufassen pflegt, aussprechen.

Abweichend von der von der Mehrzahl der Beobachter angenommenen und auch von mir vor noch nicht langer Zeit getheilten Ansicht, muss ich jetzt behaupten, dass man die sogenannten Körnchen im Allgemeinen als kleine Nervenzellen betrachten muss, welche mit drei, vier, fünf und selbst sechs verzweigten Fortsätzen versehen sind. Es scheint, dass man, wenigstens nach meinen bisherigen Untersuchungen, nur einen von diesen Fortsätzen als wesentlich nervös betrachten darf, weil von ihm Nervenfasern ausgehen; die anderen Fortsätze würden dazu dienen, das eine Körnchen mit dem anderen zu verbinden. Diese Verbindung würde durch eine Verschmelzung der Enden der einzelnen Fortsätze oder ihrer einzelnen Verästelungen mit dem sparsamen Protoplasma, mit dem die Körnchen bekleidet sind, zu Stande kommen.

Zweitens gelang es mir, ebenfalls in der Körnerschicht, mit Hülfe des Silbernitrats, nicht nur das von Einigen geleugnete Vorhandensein der sehr schönen, charakteristischen Nervenzellen, welche sich darin vorfinden, festzustellen, sondern auch die Form, die Lagerung und die Verzweigungsgesetze eben dieser Zellen genau darzustellen. Einige sind gross, sogar ebenso gross wie die Zellen von Purkinje; die meisten sind etwas kleiner, viele um die Hälfte oder zwei Drittel; man kann sagen, dass ihr Breitendurchmesser zwischen 20—60 μ schwankt. Ihre Form ist sehr verschiedenartig, doch kann man im Allgemeinen zwei Typen unterscheiden: 1) lange, unregelmässig spindelförmige Zellen, deren grösster Durchmesser parallel mit der Oberfläche der Windungen liegt; 2) unregelmässig rundliche oder polygonale Zellen mit abgerundeten Ecken, ein wenig seitlich zusammengedrückt, ähnlich gewissen Zellen welche sich in den tiefen Schichten der Hirnrinde finden; ihr grösster Durchmesser liegt quer zu der Richtung der Körnerschicht, also senkrecht zur Oberfläche der Windungen. Beide sind mit zahlreichen Fortsätzen ausgestattet, von deren Beschaffenheit immer das Gesetz gilt, dass man nur einen derselben als wesentlich nervös betrachten kann, nämlich denjenigen, welcher von einer der Seiten des Zellkörpers oder von derjenigen Fläche desselben ausgeht, welche sich nach der Medullarschicht zuwendet. Die anderen, deren sechs, acht und mehr sein können, sind von protoplasmatischer Natur. Diese letzteren laufen nach verschiedenen Seiten, doch mit Neigung, bestimmte Richtungen einzuhalten, welche für die beiden genannten Zelltypen verschieden sind. Die verlängerten Zellen schicken ihre protoplasmatischen Fortsätze, von denen einige ungeheuer lang sind, vorzugsweise nach der Körnerschicht. Die Fortsätze der Zellen des zweiten Typus dagegen richten sich vorwiegend nach der Molecularschicht, durchsetzen sie oft in ihrer ganzen Breite und gelangen auch bis zu der Peripherie selbst. Die Art der Theilung ist dichotom, wie bei den Fortsätzen der kleinen Zellen der Molecularschicht, so dass ein spitzer Winkel mit Oeffnung nach der Peripherie zu entsteht, und man bemerkt, dass die secundären Zweige nach mehr oder weniger langem, divergirendem Verlaufe, zum Parallelismus hinneigen.

Auch der nervöse Fortsatz der besprochenen Zellen bleibt bis zur Entfernung von 20—30 μ einfach und verzweigt sich dann vollständig nach dem Typus, welcher dieser Art von Fortsätzen eigen ist. In mehr als einem Falle sah ich, dass aus dem nervösen Fortsatze einer einzigen dieser Zellen durch wiederholte, nach verschiedenen Richtungen erfolgende Theilungen und Untertheilungen ein complicirtes Fasergeflecht entstand, welches sich vom Grunde bis zur Peripherie der Körnerschicht und nach beiden Seiten mehr als 200 μ weit erstreckte.

Was ihre Lage betrifft, so kann man sagen, dass die fraglichen Ganglienzellen sowohl in der Peripherie der Schicht, welche auf der Höhe der Zellen von Purkinje liegt, als in ihrer Mitte und in ihren tiefsten Theilen vorhanden sind; ausserdem sieht man bisweilen einige zwischen den Markstrahlen liegen, wo die Nervenfasern noch mit einander parallel laufen oder kaum angefangen haben, aus einander zu weichen.

Die verschiedenen anderen, von mir bemerkten Besonderheiten in Bezug auf den Bau der Körnerschicht werde ich auseinandersetzen, wenn ich den Verlauf der Nervenfasern in eben dieser Schicht beschreiben werde.

V.

Die auffallendste Thatsache, welche uns beim Studium des Verlaufes der Nervenfasern in den Kleinhirnwindungen entgegentritt, wie sie von den Markstrahlen ausgehen, ist ihre complicirte Verzweigung. Diese schon von mehreren Beobachtern beschriebene Thatsache (Gerlach, Deiters, Boll etc.) ist nicht nur von

Anderen bestritten worden (Koelliker, Henle, Stieda etc.), sondern es ist auch ausserdem klar, dass die, welche die Verzweigungen beschrieben haben, es grösstentheils auf Grund aprioristischer Annahmen gethan haben, indem die bis jetzt beschriebene Verzweigungsart und der Verlauf der Nervenfasern mit der Wirklichkeit durchaus nicht übereinstimmt. Deshalb scheint mir diese Thatsache immer noch besondere Beachtung zu verdienen.

Nicht nur in der Körnerschicht beobachtet man die Verzweigungen, sondern auch in den Medullarschichten.

Schon in den innersten Theilen der Markstrahlen, wo die Fasern unter einander parallel laufen, sieht man hie und da, gewöhnlich rechtwinklig oder auch leicht geneigt, Markfasern hervortreten, welche in gerader Linie nach der Spitze der Windungen verlaufen und secundäre Verzweigungen bilden, bald fein, bald fast ebenso dick als die Fasern, von welchen sie ausgehen, welche sich nach der Körnerschicht begeben. Im Allgemeinen aber werden die Verzweigungen erst in der Grenzschicht zwischen der Medullar- und der Körnerschicht zahlreich und werden in der letzteren besonders häufig.

In Betreff des Verhaltens der Verzweigungen der Nervenfasern in der Körnerschicht verdienen folgende Einzelheiten besondere Aufmerksamkeit: 1) die Verbindung mit den sogenannten Körnchen und den Nervenzellen der Körnerschicht; 2) die gegenseitige Verbindung der Fasern mit einander; 3) der gewundene, sehr lange, ziemlich complicirte Verlauf, ähnlich dem des Fasersystems der Molecularschicht.

Die Verbindung der Nervenfasern findet durchaus nicht so statt, wie sie im Allgemeinen von Gerlach beschrieben wurde.

Wir haben bemerkt, dass die Elemente, welche man im Allgemeinen als Körnchen bszeichnet hat, als kleine Nervenzellen betrachtet werden können, welche mit mehreren Fortsätzen versehen sind, von denen in der Regel nur einer eine oder mehr Nervenfasern hervorbringt, während die anderen nur zur Verbindung eines Körnchens mit dem anderen dienen. Wenn man jetzt zum Ausgangspunkte nicht die Körnchen, sondern die Fasern nimmt, so folgt daraus, dass diese in ihrem langen, verwickelten Verlaufe, besonders von den Knotenpunkten, zahlreiche, verästelte Fäserchen aussenden, welche gerade den nervösen Fortsatz der einzelnen Körnchen und seine Verzweigungen bilden: es ist also offenbar, dass an dasselbe Körnchen aus entgegengesetzten Richtungen kommende Nervenfäden herantreten. — Dies ist die Verbindungsart der Nervenfasern mit den Körnchen. Aber es ist jedenfalls wahr, dass man auch eine Thatsache wahrnimmt, welche einigermaassen der Auffassung Gerlach's über die Verbindung der Nervenfasern mit den Körnchen entsprechen würde. Man bemerkt nämlich, dass die Fasern in ihrem Verlaufe »unterbrochen werden«, wie Gerlach sagt, durch Kerne, welche mit einer Schicht körnigen Protoplasmas umgeben sind, und mit diesem scheine sich die Substanz der Fasern zu vermischen. Fast immer erscheinen uns diese sogenannten Unterbrechungen als Knotenpunkte, an welchen mehrere Nervenfasern zusammenfliessen, oder von welchen sie ausgehen; für einige derselben kann man die beschriebene Verbindung mit den Körnchen feststellen.

In der Körnerschicht muss man also unterscheiden: die Körnchen, oder kleinen Nervenzellen, welche End- und Ursprungsorgane der Nervenfasern sind, und die Kerne, welche den Lauf der Fasern unterbrechen und gewöhnlich Knotenpunkte bilden.

Die Verbindung der Nervenfasern unter einander ist leicht zu beobachten und findet auf ähnliche Weise statt, wie es für die bogenförmigen Fasern der Molecularschicht beschrieben wurde.

Auch die Windungen im Verlaufe der Nervenfasern in der Körnerschicht bilden einen Vergleichungspunkt mit den schon genannten Krümmungen derselben Fasern in der Körnerschicht, das heisst, bei dem Durchkreuzen des Raumes zwischen den Markstrahlen und der Molecularschicht beschreiben sie eine, zwei, oder auch drei seitliche Curven und kehren, mehr oder weniger nach vorn verschoben, in paralleler Richtung zurück.

Aus allen hier beschriebenen Verschiedenheiten der Nervenfasern folgt, dass sie in der Körnerschicht einen sehr complicirten Plexus bilden. Aus dem peripherischen Rande dieses Plexus taucht dann die dichte Hecke von Fasern oder Faserbündeln auf, welche, auf die oben beschriebene Weise sich mit den von dem Cylinderaxenfortsatze der Purkinje'schen Zellen ausgehenden Fasern verbindend, das System der bogenförmigen Fasern der äusseren Rindenschicht ausmachen.

Wenn ich jetzt eine synthetische Darstellung des von mir über die Ursprungsweise der Nervenfasern und über die Gesetze, welche die Beziehungen zwischen den Nervenzellen und -fasern beherrschen, Gesagten geben will, so glaube ich, behaupten zu können, dass es im Kleinhirne vier Systeme von Organen giebt, von denen die Nervenfasern entspringen, nämlich:

1) Das System der kleinen Ganglienzellen der Molecularschicht, welche mit ihrem nervösen Fortsatze, in Verbindung mit den aus den Markstrahlen stammenden Faserbündeln, das System von nervösen, gewundenen Fasern bilden, welche sich in der tieferen Hälfte der moleculären Schicht befinden und zwischen den nervösen Markfasern und den genannten kleinen Ganglienzellen die Vermittelung bilden.

2) Das System der grossen Zellen von PURKINJE, welches in der Grenzzone zwischen der körnigen und moleculären Schicht liegt. Der Hauptstamm des nervösen Fortsatzes dieser Zellen scheint direct eine Nervenfaser zu bilden; die von ihr ausgehenden Fäden vereinigen sich mit den Fasern, welche von den Markstrahlen ausgehen und in die moleculäre Schicht treten, um das oben angedeutete System von gewundenen Fasern zu bilden. Mit anderen Worten: die Verzweigungen des nervösen Fortsatzes der PURKINJE'schen Zellen sind eine Art von communicirenden Fasern zwischen den beiden Systemen von nervösen Fasern, welche von den beiden genannten Zellenarten herkommen.

3) Das System von Körnchen, welche die nach ihnen benannte Schicht bilden. Jedes Körnchen, wie wir sahen, kann man als das Ursprungsorgan einer oder mehrerer Fasern betrachten. Dieses System muss übrigens vielleicht dem ersten zugerechnet werden, weil die Nervenfasern, welche ihre Zweige zu den Körnchen schicken, ebendieselben sind, welche sich in die Molecularschicht begeben.

4) Das letzte System ist das der grossen in der Körnerschicht zerstreuten und auch neben den PURKINJE'schen Zellen liegenden Ganglienzellen. Vielleicht gehört auch dieses System, ebenso wie das vorige, zu dem ersten, weil zwischen diesen Zellen und denen der Molecularschicht eine auffallende Analogie in der Form und den Gesetzten der Verzweigung herrscht.

Was die Bedeutung der einzelnen, von mir beschriebenen Befunde betrifft, so beschränke ich mich für jetzt darauf, die Aufmerksamkeit auf das zu richten, was ich »communicirende Fasern« genannt habe, also auf die Fasern, welche, von den nervösen Fortsätzen der PURKINJE'schen Zellen ausgehend, sich mit den gewundenen Fasern der Molecularschicht verbinden, während diese ihrerseits sich in directer Verbindung mit dem nervösen Fortsatze der kleinen Ganglienzellen derselben Schicht befinden.

Diese Thatsache scheint mir für das Studium der Physiologie des Centralnervensystems von nicht geringer Bedeutung zu sein.

Ich werde mich jetzt nicht dabei aufhalten, darüber zu discutiren, ob die kleinen Nervenzellen der Molecularschicht Organe der Ideenbildung, oder sensorische Organe, und die PURKINJE'schen Zellen Bewegungsorgane sind, oder umgekehrt. Eine solche Untersuchung würde für jetzt eine zu geringe thatsächliche Grundlage haben, es scheint mir jedoch, dass ich auf dem Gebiete der Hypothesen nicht zu weit gehe, wenn ich annehme, dass ebenso, wie die Form, die Anordnung und die Beziehungen der beiden Systeme von Elementen verschieden sind, dasselbe auch mit ihren Functionen der Fall sein wird. Dies vorausgesetzt, so würden die fraglichen Fasern offenbar die Bedeutung haben, functionelle Beziehungen zwischen beiden Zellensystemen zu vermitteln.

Angenommen nun, wie es wirklich von Einigen hypothetisch angenommen worden ist, die Zellen von PURKINJE seien motorisch, so müsste man die anderen sensorisch oder psychisch nennen, und in diesem Falle würde man in den »communicirenden Fasern« Repräsentanten der Wege sehen, durch welche die psychische und Sinnes-Erregung des ersten Zellensystems auf die Zellen von PURKINJE übertragen oder reflectirt wird, wenn dies Bewegungszellen sind.

No. IV.

Ueber den feineren Bau der Bulbi olfactorii.

Von

Dr. Camillo Golgi

(1875).

Mit einer lithographischen Tafel.

Obgleich die Bulbi olfactorii auch mit Hülfe der neueren Methoden der mikroskopischen Technik untersucht worden sind, so kann man doch, wenn man, belehrt durch die neuesten Resultate der Untersuchungen über die Centralorgane des Nervensystems, die neuesten Arbeiten über diesen Gegenstand durchgeht[1]), nicht umhin, zu bemerken, dass nicht nur einige Theile des Gebietes unerforscht geblieben sind, sondern auch, dass manche von den beschriebenen Thatsachen nicht Resultate strenger Beobachtung, sondern Früchte vorgefasster Meinungen sind.

In der That könnte man nicht ohne weiteres die zahlreichen directen Uebergänge der aus dem Tractus olfactorius kommenden Nervenfasern in die einzelnen Ganglienzellen des Bulbus, oder umgekehrt die directe Fortsetzung der einzelnen Fortsätze dieser Zellen zu Nervenfasern zugeben; und doch sollen diese Uebergänge von WALTER, OWSJANNIKOW und CLARKE mit Leichtigkeit beobachtet worden sein und sind auch von KOELLIKER angenommen worden. Noch viel weniger wird man die von WALTER beschriebenen, zahlreichen Anastomosen zwischen den Fortsätzen der Ganglienzellen und gewisse Verbindungen der peripherischen Fortsätze der grossen Ganglienzellen der grauen Substanz mit den Fasern, welche von den angeblichen kleinen, bipolaren Nervenzellen ausgehen, für gesichert halten können, wie sie WALTER und CLARKE beschrieben haben. Dasselbe lässt sich von der durch WALTER bestätigten Behauptung OWSJANNIKOW's sagen, dass die von dem Tractus herkommenden Nervenfasern, nachdem sie sich einerseits mit den Zellen verbunden haben, andererseits an die Peripherie hervortreten, um die Riechfäserchen zu bilden. Endlich, was die Form der das fragliche Organ bildenden Zellen betrifft, so wird jetzt niemand mehr die Bezeichnung »Kerne« oder »Körnchen« für befriedigend halten, welche für einen grossen Theil derselben auch noch von den zuletzt mit diesem Gegenstande beschäftigten Forschern gebraucht worden ist (HENLE, MEYNERT, HUGUENIN).

---

1) F. LEYDIG, Lehrbuch der Histologie, Frankfurt a. M. 1857. Vom Geruchsorgan der Thiere, S. 216. — LOCKHARDT CLARKE, Ueber den feineren Bau des Bulbus olfactorius. Zeitschrift für wiss. Zool. XI. — PH. OWSJANNIKOW, Ueber die feinere Structur der Lobi olfactorii der Säugethiere. MÜLLER's Archiv für Anat., Physiol. und wiss. Med. 1860, S. 469. — GEORG WALTER, Ueber den feineren Bau des Bulbus olfactorius. VIRCHOW's Archiv für path. Anat. und Physiol., Bd. 22, 1861, S. 241. — TH. MEYNERT, Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten u. s. w., Vierteljahrsschr. für Psychiatrie, Leipz. 1872. — TH. MEYNERT, Vom Gehirne der Säugethiere, STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben, 1872, S. 74. — HENLE, Handbuch der systematischen Anatomie, Bd. 3, S. 343, Braunschweig 1873. — HUGUENIN, Die allgemeine Pathologie des Nervensystems, Bd. 1, Anatomischer Theil, Zürich 1873.

Dieser einfache Hinweis ist mehr als genügend, um die Zweckmässigkeit neuer Untersuchungen zu beweisen, um neues, helleres Licht auf den feineren Bau dieses Organs zu werfen, an welches sich direct und nach sehr kurzem Verlaufe die peripherischen nervösen Riechfasern ansetzen; und zugleich treten noch andere Probleme hinzu, deren Lösung auch für die Physiologie sehr wichtig wäre.

Um nun einen geringen Beitrag zur Lösung dieses Problems zu liefern, will ich kurz die Resultate einiger von mir angestellten Untersuchungen angeben, welche ich mit Hülfe der für das Studium des Centralnervensystems bewährtesten Methoden unternommen habe. Obgleich ich zum Gegenstande meiner Studien sowohl die Bulbi olfactorii des Menschen, als die einer Reihe von Thieren gemacht habe (Hund, Katze, Kaninchen, Hase, Meerschweinchen, Schwein, Kalb u. s. w.), so will ich doch jetzt nur eine übersichtliche Darstellung von meinen Resultaten geben, indem ich einige Unterschiede zwischen den Thieren, welche mehr oder weniger stark entwickelte Riechorgane besitzen, im Vorübergehen berühren werde. Ich beabsichtige jedoch, eine ins Einzelne gehende, vergleichende Beschreibung zu geben, sobald ich einige andere, schon begonnene Specialuntersuchungen beendigt haben werde.

Wenn ich jetzt zu der Auseinandersetzung dessen komme, was mir bis jetzt in der Untersuchung der fraglichen Organe zu finden gelungen ist, so will auch ich, um den Weg zu erleichtern, die verschiedenen Schichten, aus denen sie bestehen, getrennt behandeln. Ich werde aber dabei nicht dem Beispiele CLARKE's, HENLE's und MEYNERT's folgen, welche 6, 7, und selbst 8 Schichten unterschieden haben; ein solcher Unterschied ist, nach meiner Meinung, mehr auf das zufällige Aussehen der Gewebe, als auf histologische Differenzen von einigem Werthe begründet; wenn man vor allem die letzteren berücksichtigt, so glaube ich, in den Riechkolben nur drei Schichten unterscheiden zu dürfen, nämlich:

1) Eine dünne, äussere Schicht, von weissgrauer Farbe, bestehend aus Bündeln von peripherischen Riechnervenfasern, welche, aus der Lamina cribrosa hervortretend, in das Parenchym der Bulbi eindringen.

2) Eine mittlere Schicht von grauer Substanz, ähnlich der grauen Substanz des Grosshirns, vorwiegend aus stark verzweigten Ganglienzellen, zum kleinsten Theile aus interstitiellem Bindegewebsstroma bestehend.

3) Eine innere Schicht von weisser Substanz, vorwiegend aus Bündeln von Nervenfasern bestehend, welche aus dem Tractus herkommen und sich in dem Parenchym der Bulbi mit der Richtung nach der grauen Substanz ausbreiten.

I.

Ueber die äussere Schicht will ich nur kurz bemerken, dass es mit der von mir angewendeten Präparationsmethode gelingt, auf den ersten Blick mit überraschender Klarheit den Verlauf der Faserbündel wahrzunehmen, welche sie zusammensetzen. Dies wird man leicht begreifen, wenn man bedenkt, dass durch die Wirkung des Silbernitrats die einzelnen Fasern in ihrem langen, ununterbrochenen Laufe eine tiefschwarze Farbe annehmen, während die interstitielle Substanz ihre natürliche Färbung und Durchsichtigkeit behält.

Man kann also erkennen, wie die Faserbündel, von aussen nach innen fortschreitend, sich zertheilen und von einander entfernen und dann sich auf die verwickeltste Weise kreuzen. Vorzüglich interessant ist es, zu sehen, wie diese Bündel nebst den einzelnen Fasern, welche hie und da zerstreut liegen, sich beständig nach den Anhäufungen anscheinend körniger Substanz, den sogenannten Glomerulis olfactoriis hin begeben, welche sich in der am meisten peripherischen Zone der mittleren Schicht befinden. In diese dringen sie ein, um sich da auf die weiterhin zu erwähnende Weise zu verbreiten und weiter zu theilen. Hier will ich nur noch bemerken, dass es unter gewissen Umständen gelingt, die Nervenbündel von einander getrennt, und diese wieder weiter zertheilt zu sehen durch zahlreiche, breite, dünne Bindegewebszellen mit langen, zum Theil fadenförmigen, zum Theil platten, selten verzweigten Fortsätzen, vollkommen ähnlich denen in der weissen Substanz des Grosshirns und Rückenmarks.

II.

Viel complicirter und einer neuen, eingehenderen Untersuchung bedürftiger ist die mittlere Schicht, die der grauen Substanz.

Nach innen, gegen die weisse Substanz, wird ihre Grenze sehr gut bestimmt durch eine Reihe von

grossen Nervenzellen, welche in der Randzone der Schicht so deutlich angeordnet liegen, wie die grossen Zellen von PURKINJE in der Grenzzone der moleculären und körnigen Substanz der Windungen des Kleinhirns. Nach der Peripherie zu ist die Abgrenzung nicht so scharf, weil die Theilung der Schichten dem Eintrittspunkte der peripherischen nervösen Faserbündel in die Glomeruli entspricht, welche nicht eine regelmässige Reihe in einer Linie bilden, sondern in verschiedener Höhe liegen und an einigen Stellen eine doppelte Reihe bilden.

Bei der Untersuchung dieser Schicht muss man gesondert betrachten: 1) die grossen Ganglienzellen, welche die erwähnte, regelmässige Reihe bilden; 2) die Elemente, welche die zwischen jener Reihe und der Umgebung der Glomeruli liegende Zone der grauen Substanz bevölkern; 3) den Bau eben dieser Glomeruli.

1) Die Zellen, welche, mit überraschender Regelmässigkeit angeordnet, die Grenze zwischen der grauen und weissen Substanz bezeichnen, gehören zu der Kategorie der grossen Nervenzellen, indem viele davon dem Durchmesser der grössten Rindenzellen gleichkommen. Ihre Gestalt ist gewöhnlich die eines unregelmässigen Dreiecks, und sie liegen ohne Ausnahme so, dass der spitzeste Winkel des Dreiecks den inneren Theilen des Bulbus zugewendet ist. Diese Spitze endigt in der Regel in einem einzigen Fortsatz, welcher alle Charaktere des sogenannten Axencylinders-Fortsatzes der nervösen Grosshirnzellen zeigt, während von den beiden anderen nach der Peripherie zu gewendeten Ecken oder auch von der nach der Peripherie gerichteten Seite, ja bisweilen von den Seitenflächen andere Fortsätze ausgehen, welche den sogenannten protoplasmatischen Fortsätzen ähnlich sind.

Der erste Fortsatz, und jede Zelle besitzt davon immer nur einen, stehe ich nicht an als nervösen Fortsatz zu bezeichnen, weil er sicher dazu bestimmt ist, eine oder mehrere Nervenfasern zu bilden. Er erscheint glatt und gleichförmig; in geringer Entfernung von seinem Ursprung zeigt er oft eine umschriebene Einschnürung und eine leichte Biegung; er läuft vertical nach dem Innern des Bulbus, und in dieser Richtung habe ich ihn mehrmals auf die bedeutende Entfernung von mehr als 200 μ verfolgen können, ohne ihn jemals Zweige aussenden zu sehen. Indessen wage ich nicht zu behaupten, dass er sich dem für den gleichwerthigen Fortsatz der Nervenzellen der Grosshirnrinde gültigen Gesetze entzieht, ich meine, dass er wirklich, ohne secundäre Fasern abzugeben, direct den Axencylinder einer nervösen Markfaser bildet, obgleich ich ihn immer einfach gesehen habe. Ich bin eher geneigt zu glauben, dass die Schuld an dem unvollkommenen Gelingen der Reaction liegt, wenn ich bis jetzt keine Verzweigungen beobachtet habe.

Die protoplasmatischen Fortsätze (diese etwas unpassende Benennung wird dadurch gerechtfertigt, dass sie jetzt fast allgemein im Gebrauch ist), welche an ihrem Ursprunge als dicke Verlängerungen des Zellkörpers auftreten, pflegen drei-, vier- und mehrfach zu erscheinen. Sie wenden sich beständig der Peripherie des Bulbus zu, und in dieser Richtung wenden sie sich theils in gerader, theils in mehr oder weniger schiefer Richtung den Glomerulis olfactoriis zu, in welche sie eintreten. Bei dem Durchgange durch die graue Schicht erfahren sie einige wenige Gabelungen, aber sobald sie in die Glomeruli eingetreten sind, zerfallen sie schnell und bringen ein sehr verwickeltes, feines, zierliches Geflecht hervor, welches, da es an das Ende eines sehr kräftigen Astes angeheftet ist, ein ziemlich seltsames Aussehen gewinnt. Ein grosser Theil der protoplasmatischen Fortsätze sowohl erster, als zweiter und dritter Ordnung verlaufen in sehr schiefer Richtung nach der Peripherie. Die zu der gegenwärtigen Arbeit gehörende Tafel (man sehe die längs dem inneren Rande der Schicht *B* gelegene Zellenreihe) wird besser, als die sorgfältigste Beschreibung, einen der Wahrheit nahekommenden Begriff von dem Verhalten der Fortsätze der hier besprochenen Zellschicht liefern. In Bezug auf diese Fortsätze ist jedoch noch besonders zu bemerken, dass sie bei ihrem Laufe nach den Glomerulis sich auf ziemlich complicirte Weise übereinander legen und kreuzen, aber niemals mit einander wirkliche Verbindungen oder Anastomosen eingehen. Dasselbe gilt auch für die Fortsätze der Nervenzellen, welche weiterhin beschrieben werden sollen.

Bei Thieren, welche ein wenig entwickeltes Geruchsorgan besitzen, sind diese Zellen, wie gesagt, in eine durchaus einfache Reihe gestellt, mit ähnlicher Anordnung, wie die der mittleren Schicht des Pes hippocampi, und liegen auch in einer gewissen Entfernung von einander. Bei Thieren dagegen, bei denen die Bulbi olfactorii stark entwickelt sind (Hund, Pferd, Ochs etc.), bilden die Zellen nicht nur eine viel dichtere Reihe, sondern eine mehr oder weniger bedeutende Zahl derselben liegt in einer mehr äusseren Linie und bildet so gleichsam eine doppelte Reihe. Da nun die nervösen Fortsätze beständig in gerader Linie nach der

Mitte des Bulbus verlaufen, so folgt daraus, dass sie gewissermaassen eine mässig dichte Palissade darstellen, welche in der peripherischen Schicht der weissen Substanz durch ihre Regelmässigkeit auffällt.

2) Die zwischen der eben beschriebenen Zellschicht und den Glomerulis liegende Region der grauen Substanz ist von zwei Arten von Nervenzellen bevölkert; a) grosse, unregelmässig zerstreute Zellen; b) kleine, um die Glomeruli gruppirte Zellen.

a) Die grossen, zerstreuten Zellen sind zum grössten Theile spindelförmig, parallel mit der Oberfläche des Organs angeordnet und liegen in bedeutender Entfernung von einander. Sie sind ebenso, wie die die regelmässigen Reihen bildenden, mit mehreren kräftigen Fortsätzen versehen, welche zu der Kategorie der protoplasmatischen gehören, und einem einzigen von der Beschaffenheit der von mir als wesentlich nervös beschriebenen.

Die protoplasmatischen Fortsätze verhalten sich auf ähnliche Weise, wie die gleichnamigen der vorher beschriebenen Zellen. Nach einem mehr oder weniger langen Verlaufe in horizontaler oder schief aufsteigender Richtung und nach einigen Theilungen dringen sie ebenfalls in die Glomeruli ein, wo sie sich fein verzweigen, und bilden ein verwickeltes Geflecht. Wir werden später sehen, ob man hinreichenden Grund hat, über das Endschicksal aller dieser Verzweigungen zu einem Schlusse zu kommen, oder ob das Problem noch ganz ungelöst bleiben muss.

Der Fortsatz, welcher die Charaktere des Axencylinders besitzt, wendet sich senkrecht nach der Mitte des Bulbus, und in dieser Richtung habe ich ihn beim Kaninchen auf eine Entfernung von mehr als 400 μ verfolgen können, also bis in die tiefsten Schichten der weissen Substanz.

In Bezug auf diesen Fortsatz habe ich feststellen können, dass er ebenso, wie der gleichwerthige Fortsatz der Nervenzellen des Grosshirns, in der Entfernung von 20—30 μ von seinem Ursprunge aus dem Zellkörper eine grosse Anzahl von Fäserchen aussendet, welche ebenso andere entstehen lassen. Die aus demjenigen Theile des nervösen Fortsatzes, welcher in der grauen Substanz verläuft, hervortretenden Fasern konnte ich bis jetzt nur auf kurze Entfernung verfolgen, daher kann ich nicht sagen, welches ihr endliches Schicksal ist. Dagegen habe ich in Bezug auf die Fibrillen desjenigen Theiles desselben Fortsatzes, welcher in der weissen Substanz verläuft, beobachtet, dass viele von ihnen sich ohne weiteres mit den horizontalen, nervösen Faserbündeln vereinigen, welche daselbst vorhanden sind (Fasern, welche aus dem Tractus olfactorius austreten), mit denen sie nach Verlauf und Verzweigungsart vollkommen übereinstimmen.

b) Indem ich zu der zweiten Kategorie der nervösen Elemente der grauen Substanz komme, nämlich den kleinen Zellen, welche besonders um die Glomeruli gruppirt sind, beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass sie ihrer Gestalt und Grösse nach denjenigen ähnlich sind, welche die mittlere Schicht des grossen Pes hippocampi bilden. Ihr Körper ist von eiförmiger Gestalt, der eine Pol läuft in einen sehr dünnen Fortsatz aus, welcher dieselben Eigenschaften zeigt, wie alle nervösen Fortsätze, während der andere Pol zwei oder drei Fortsätze aussendet, welche den protoplasmatischen entsprechen. Dieser letztere Pol, mag der Zellkörper nach innen, zur Seite, oder auch nach aussen von den Glomerulis liegen, ist immer nach diesen letzteren gerichtet, in welche die protoplasmatischen Fortsätze eintreten, wo sie sich auf ähnliche Weise verzweigen, wie die Enden der dicken Fortsätze der grossen Nervenzellen, welche längs dem inneren Rande der grauen Schicht liegen. Der dünne nervöse Fortsatz aber, in kurzer Entfernung von seinem Ursprunge angekommen, theilt sich in feine Zweige, ähnlich, wie die Nervenfibrillen des Grosshirns. Von den so entstandenen dünnen Fäden biegt sich ein Theil um und läuft in entgegengesetzter Richtung, wie die Ursprungsfaser, weiter und dringt dann zugleich mit den aus dem Innern des Bulbus hervorkommenden nervösen Faserbündeln in die Glomeruli ein.

3) Endlich, um die Beschreibung der Schicht der grauen Substanz zu vervollständigen, müssen wir unsere Aufmerksamkeit speciell auf jene rundlichen oder ovalen Inselchen von feinkörnigem Aussehen und glänzend grauer Farbe richten, welche die am meisten peripherische Zone der grauen Substanz (Stratum glomerulosum, Meynert), oder die Uebergangszone nach der Schicht der nervösen Riechfasern bilden.

Diese Inselchen erscheinen nach aussen und an den Seiten deutlich begrenzt, weil sie hier von nervösen Faserbündeln umgeben werden, während sie nach innen gewöhnlich einen allmählichen Uebergang in die graue Substanz zeigen.

Ich habe schon bemerkt, dass die Bündel von peripherischen Riechfasern, nachdem sie sich wiederholt getheilt und untereinander gekreuzt haben, sich beständig zu den Glomerulis begeben, in welche sie eintreten und worin sie sich ausbreiten. Wenn wir jetzt einen Schritt weitergehen, so bemerken wir, wie die einzelnen Fäserchen, während sie sich im Innern des Inselchens von einander entfernen, sich in kurzen Zwischenräumen wiederholt theilen, was vorzugsweise im rechten Winkel und auf sehr complicirte Weise geschieht, und wie die Fäserchen von unmessbarer Feinheit, welche dadurch entstehen, seltsame, verwickelte Windungen machen und sich untereinander vereinigen. So entsteht ein feines, zierliches Netz, welches in die Grenzen des Glomerulus eingeschlossen ist. Zu diesem Netze sieht man in einigen Fällen zahlreiche Fäserchen treten, welche aus der grauen, und wahrscheinlich auch aus der weissen Substanz stammen.

Um den Bau dieser Inselchen noch verwickelter und dunkler zu machen, treten noch andere Elemente hinzu, und zwar Bindegewebszellen, welche nach ihrer Gestalt und ihren Verhältnissen den das interstitielle Stroma der grauen Substanz des Grosshirns, Kleinhirns und Rückenmarks bildenden Zellen äusserst ähnlich sind. Ihr Körper ist unregelmässig rundlich und sendet nach allen Richtungen unzählige, fein verzweigte Fortsätze aus. Diese Zellen sieht man gewöhnlich dicht an den Wänden der die Glomeruli durchbohrenden Gefässe anhaften. Aber auch wenn sie sich nicht so an die Gefässe anschmiegen, stehen sie mit ihnen durch ihre Fortsätze in innigem Zusammenhang, von denen einige starken Ausbreitungen gleichen, fast wie die Capillargefässe selbst. Die Verzweigung dieser Zellen ist so üppig, dass sie an und für sich genügen, um ein complicirtes, ausgedehntes Geflecht von einer Seite bis zur andern der Glomeruli zu bilden.

Nachdem so die verschiedenen Elemente, welche an der Bildung der Glomeruli Theil nehmen und ihren Bau so verwickelt machen, beschrieben worden sind, käme es darauf an, zu bestimmen, ob dieselben und welche Beziehungen sie zu einander haben. Dies ist das wichtigste Problem, muss aber für jetzt ungelöst bleiben.

Da einerseits die protoplasmatischen Fortsätze der grossen und kleinen Zellen, welche die graue Schicht bevölkern, andererseits die aus der Regio olfactoria kommenden Nervenfasern in die Glomeruli eintreten und sich fein verzweigen, so scheint der Schluss nahe zu liegen, welchen WALTER und OWSJANNIKOW wirklich gemacht haben (obgleich sie bei weitem nicht die genauen, durch meine Untersuchungen gelieferten Kenntnisse besassen), dass die einen in die andern übergehen.

So natürlich dieser Schluss auch scheinen möge, bin ich doch nicht geneigt, mich ihm anzuschliessen. Ich beschränke mich darauf, die Thatsache zu bestätigen, dass die Glomeruli olfactorii gewissermaassen einen Versammlungsplatz der verschiedenen, die Riechkolben bildenden Elemente abgeben: Blutgefässe und plasmatische Bindegewebszellen, Faden der protoplasmatischen Fortsätze, aus der Peripherie kommende Geruchsnervenfasern, Nervenfasern, welche aus dem Tractus kommen. Diese verschiedenen Elemente stehen hier ohne Zweifel in sehr enger Beziehung zu einander; aber ob sie bloss neben einander liegen, oder in einander übergehen, und welche Theile in einander übergehen, ausser den Gefässen und den plasmatischen Zellen, das erlauben die bis jetzt angestellten Untersuchungen nicht zu entscheiden. Wer etwas Genaueres anzugeben wagte, würde sich nach meiner Meinung in Hypothesen stürzen. Besonders würde es hypothetisch sein, zu behaupten, die letzten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der grossen und kleinen Zellen des Bulbus gingen in die peripherischen Geruchsnervenfasern über. In Bezug darauf will ich hier einige Beobachtungen angeben, welche geeignet sind, meine Zweifel zu begründen.

Es ist einer der Vorzüge der von mir angewendeten Präparationsmethode, je nach bestimmten Abänderungen in der Behandlung der Stücke, bald die Zellenelemente mit den feinsten Verzweigungen ihrer Fortsätze, bald die eine oder die andere Art von Nervenfasern, bald die interstitiellen Bindegewebselemente, und bald endlich einen Theil der einen und einen Theil einer anderen Klasse von Elementen, mit Vorherrschen der einen oder anderen, in schwarzer Farbe hervortreten zu lassen. Diese verschiedenen Phasen der Reaction treten auch bei dem besonderen Studium der Glomeruli auf. Wenn die Reaction am vollständigsten ist, so kommt es vor, dass das Geflecht innerhalb der Glomeruli so verwickelt und dicht erscheint, dass man glauben kann, eine Reihe von Fasern gehe in die andere über. Wenn dagegen, wie es oft geschieht, die Reaction an den Nervenfasern und an den letzten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze getrennt auftritt, und man nun die verschiedenen Geflechte mit einander vergleicht, so sieht man ganz deutlich, dass sie sehr von einander verschieden sind, und besonders erkennt man mit Sicherheit, dass die Art der Verästelung der

letzten Zweige der protoplasmatischen Fortsätze von der der Nervenfibrillen ganz verschieden ist. So fein auch die Untertheilungen der beiden sein mögen, so sieht man doch niemals einen allmählichen Uebergang des einen Typus in den anderen.

Ausserdem ist schon die Thatsache, dass die chemische Reaction, welche die Nervenfibrillen und die protoplasmatischen Fortsätze schwarz färbt, in der Regel getrennt und zu verschiedener Zeit eintritt, schon für sich ein hinreichender Grund, um anzunehmen, dass zwischen den beiden Arten von Fasern wesentliche chemische Unterschiede bestehen, für deren Vorhandensein kein Grund zu finden wäre, wenn sie wirklich in einander übergingen. Dazu kommt noch, dass alle angegebenen Unterschiede, das Aussehen, die Art der Verzweigung und des Verlaufs und die chemische Reaction, sich nicht zeigen, wenn man die peripherischen Nervenfibrillen nicht mit den letzten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze, sondern mit den Verästelungen des besonderen Fortsatzes vergleicht, welchen wir den »nervösen« nennen.

Uebrigens glauben wir, die anatomische Verbindung des Netzes der Geruchsfasern, welches in den Glomerulis vorhanden ist, mit den Ganglienzellen des Bulbus und den Nervenfasern des Tractus, welche man aus functionellen Gründen von vornherein annehmen muss, könne indirect mit den ersteren mittelst der zahlreichen, von dem nervösen Fortsatze ausgehenden Fasern (in der That dringt ein Theil dieser Fäden in die Glomeruli ein) und direct mit den zweiten mittelst der Faserbündel stattfinden, welche wir die graue Substanz durchziehen sehen, um sich ebenfalls zu den Glomerulis zu begeben.

Endlich möchte ich daran erinnern, dass ich diese Beobachtungen nur angeführt habe, um meiner Erklärung Nachdruck zu geben, dass wir noch weit davon entfernt sind, das Problem über die Verbindung der Riechfasern mit den Ganglienzellen des Bulbus für gelöst erklären zu können.

III.

Auch über die weisse Substanz habe ich einige Beobachtungen hinzuzufügen. Diese Schicht gleicht bekanntlich nur makroskopisch der weissen Schicht der anderen Theile des Centralnervensystems, bei mikroskopischer Betrachtung sieht sie ganz anders aus; sie besteht dann aus zahlreichen, querliegenden, abwechselnden Schichten von Nervenfasern und zelligen Elementen. Genauer könnte man sagen, dass die Faserbündel, welche einen ziemlich gewundenen, fast spiraligen Verlauf haben und einander kreuzen, zwischen sich längliche, mit der Oberfläche des Riechkolbens parallele Räume offen lassen, welche von den zelligen Elementen eingenommen werden.

Vorzüglich über die Gestalt und Beschaffenheit dieser Elemente habe ich einige Bemerkungen zu machen, indem die Meinungen der Histologen über diesen Punkt sehr verschieden sind.

Henle beschränkt sich darauf, diese Elemente mit dem unpassenden Namen »Körnchen« zu bezeichnen. Auch Meynert beschreibt sie als den Körnchen des Kleinhirns und der Retina sehr ähnlich, schreibt ihnen aber nervöse Natur zu. Walter begreift alle in der weissen Substanz zerstreuten Elemente unter dem Namen »bipolare Nervenzellen« und behauptet, sie in directer Verbindung mit den Fortsätzen der grossen, multipolaren Nervenzellen gesehen zu haben, sowie mit den aus dem Tractus hervortretenden Nervenfasern.

Was ich über diesen Gegenstand mit der grössten Sicherheit behaupten kann, ist dies, dass (abgesehen von den strahligen Bindegewebszellen, welche in dieser Schicht häufig sind und über deren Vertheilung ich weiterhin einige Worte sagen will) der grösste Theil der in den eben erwähnten horizontalen Hohlräumen gelegenen Elemente für charakteristische, wenn auch sehr kleine Zellen von wahrscheinlich nervöser Natur erklärt werden müssen. Sie zeigen vorwiegend pyramidale Form, die Basis immer nach der Mitte des Bulbus gekehrt, die Spitze nach der Peripherie; sie sind mit mehreren Fortsätzen versehen, welche man in Fortsätze der Spitze und solche der Basis unterscheiden kann; sie ähneln also an Gestalt und Lagerung vollkommen den pyramidalen Zellen der mittleren Schichten der Grosshirnrinde. Der Fortsatz, welcher von der Spitze der Pyramide ausgeht, giebt in seinem Laufe nach der Peripherie ziemlich sparsame, seitliche Zweige ab, durchzieht gewöhnlich die ganze weisse Schicht und tritt bisweilen als dünner Faden in die graue Schicht ein, wo er neben den in regelmässiger Reihe liegenden, grossen Zellen hinläuft. Die Basalfortsätze entspringen meist aus den Ecken der Pyramide, gabeln sich ebenfalls bald und wenden sich nach dem Innern des Bulbus, wo sie sich wegen ihrer äussersten Feinheit bald der mikroskopischen Prüfung entziehen. Die einen, wie

die anderen zeigen die Charaktere der protoplasmatischen Fortsätze. Ob auch ein anderer, nervöser Fortsatz besteht, kann ich nicht sagen. Allerdings habe ich in einigen Fällen beobachtet, dass einer der Fortsätze, welcher gewöhnlich aus dem mittleren Theile der Basis der Pyramide entspringt, etwas homogener aussieht, als die anderen, und bisweilen habe ich auch gesehen, dass dieser abweichende Fortsatz sich horizontal umbiegt, mit den nervösen Faserbündeln verläuft und einige feine Filamente abgiebt, wie es andere nervöse Fortsätze thun. Da jedoch wegen der äussersten Feinheit des Filamentes seine Unterschiede von den anderen, welche man protoplasmatische Fortsätze nennen müsste, nicht scharf genug hervortreten, so glaube ich es noch nicht als gewiss hinstellen zu können, dass die hier besprochenen kleinen Zellen in allem den pyramidalen Zellen der Hirnrinde entsprechen.

Zusammen mit diesen kleinen Zellen finden sich andere, grössere, den Ganglienzellen ähnliche hie und da in der weissen Substanz zerstreut. Sie sind jedoch ziemlich selten, da man sie nur vereinzelt in einigen Schnitten antrifft. Sie sind multipolar, von Gestalt oval, spindelförmig, oder unregelmässig polygonal. Ihre protoplasmatischen Fortsätze treten sowohl in peripherischer Richtung, als an den Seiten und nach dem Innern zu hervor; sie verzweigen sich, wie gewöhnlich, gabelförmig, stehen mit keinen Nervenfasern in Verbindung und anastomosiren nicht mit den Fortsätzen anderer Ganglienzellen. Ueber ihre Endigung kann ich mich noch nicht mit Sicherheit aussprechen.

Der nervöse Fortsatz entspringt gewöhnlich von der nach dem Centrum gerichteten Seite der Zelle, bisweilen auch seitlich, um sich dann nach innen umzubiegen. Auf 15—20 μ Entfernung entsendet er Fäden, welche sich mit den horizontalen Bündeln der Nervenfasern vereinigen. Es kann scheinen, dass diese vereinzelten, in der weissen Substanz zerstreuten Zellen sich mit denen zusammenstellen lassen, welche, wie wir sahen, auf ähnliche Weise in der grauen Substanz zerstreut liegen.

Was die Nervenfasern betrifft, welche in der Bildung dieser Schicht den Hauptantheil haben, so will ich nur in der Kürze die Aufmerksamkeit auf die Art ihres Verlaufs und ihrer Verzweigung richten. In Bezug auf den Verlauf ist vor allem seine verwickelte, seltsame Gewundenheit zu bemerken.

Das bekannte Ansehen einer fächerförmigen Ausbreitung, welches vorzüglich die Goldchloridmethode liefert, wird nur durch einige Bündel hervorgebracht, welche eine Strecke weit geradlinig verlaufen und sich dann allmählich von einander entfernen. Aber wenn man mit Hülfe der Schwarzfärbung eine genaue Untersuchung anstellt, gelingt es leicht, zu bemerken, dass der Verlauf der Fasern viel complicirter ist, als es bei der Anwendung anderer Präparationsmethoden scheint. Wenn man den Verlauf nur einzelner Fasern verfolgt, so wird man sehen, dass sie von den parallelen Bündeln in der Nähe der Centralhöhlung an eine kurze Strecke radial nach der Peripherie zu laufen, dann aber sich umbiegen, um ein wenig horizontal zu laufen, darauf von neuem in mehr oder weniger schiefer Richtung einen Schritt vorwärts machen, um sich dann wieder mehrmals zu biegen. Wie sie allmählich vorwärts kommen, senden sie fortwährend Fäden aus, und diese verfolgen ihrerseits denselben Lauf und bringen Fibrillen hervor, so dass ein so feines, verwickeltes Gewebe entsteht, dass man es nicht beschreiben kann.

Die Art der Verzweigung ist die sowohl für die Nervenfasern, als für die Axencylinder-Fortsätze des Grosshirns typische.

Endlich muss ich auch noch das Bindegewebsstroma kurz erwähnen, obgleich das Wesentliche darüber schon erschöpft ist, indem ich sage, dass es keine hervortretenden Unterschiede von dem anderer Theile des Centralnervensystems darbietet, und dass besonders die strahligen Bindegewebselemente der Körnerschicht des Kleinhirns denen des Bulbus ganz ähnlich sind. Nur die ausserordentliche Menge möchte ich hervorheben, in welcher diese Elemente in der weissen Schicht auftreten; es giebt keine Schlinge des hier sehr feinen Capillarnetzes, in welcher man nicht eine Gruppe dieser Elemente, mit einer gewissen Regelmässigkeit angeordnet, anträfe, so dass die Verästelungen ihrer zahlreichen Fortsätze ein ununterbrochenes Geflecht bilden, in dessen Zwischenräumen die nervösen Elemente liegen.

In Bezug auf das Bindegewebsstroma dieser Schicht ist es auch bemerkenswerth, mit welcher Deutlichkeit hier die vielfachen, innigen Beziehungen der einzelnen strahligen Zellen mit den Wänden der Blutgefässe sich kenntlich machen, indem sie unmittelbar an ihnen anliegen oder mehrere ihrer Fortsätze zu ihnen entsenden. Der Ansatz findet statt durch eine feine, plattenförmige Ausbreitung, welche sich mit der Wand verkörpert. Uebrigens erscheint das von diesen Zellen gebildete Stroma in den innersten Schichten des

Bulbus, in der Nähe der Centralhöhle, reichlicher, als anderwärts; es nimmt bei dem Uebergange in die äusseren Schichten der weissen Substanz etwas ab, wird in der Nähe der regelmässigen Schicht von Ganglienzellen wieder sehr reichlich, nimmt in der grauen Substanz wieder bedeutend ab, um, wie wir sahen, in der Nähe der Glomeruli und in der oberflächlichen Schicht von Nervenfasern wieder in Menge zu erscheinen.

Als Schluss dieser Untersuchungen möchte ich wohl aus den dargestellten anatomischen Thatsachen einige physiologische Folgerungen ziehen. Aber diese Thatsachen sind noch nicht so gut unter einander verbunden, dass die Schlüsse mit der gewünschten Sicherheit daraus hervorgehen könnten. Ich werde mich also, statt mich auf das Gebiet der Hypothesen zu wagen, mit dieser nackten, losen Aufzählung der Thatsachen begnügen, mit dem Wunsche, dass es bald ferneren Untersuchungen gelingen möge, die noch vorhandenen Lücken auszufüllen.

Die einzige, elementare Folgerung, welche ich mir erlauben werde, ist die anatomische Erklärung eines bekannten physiologischen Gesetzes.

Die Thatsache, dass die aus dem Tractus kommenden Fasern, wenigstens zum grössten Theile, ehe sie sich mit den Nervenzellen verbinden, durch ihre complicirte Verästelung ein höchst verwickeltes Geflecht hervorbringen, und ferner die andere Thatsache, dass der nervöse Fortsatz eines grossen Theils der Ganglienzellen des Bulbus mit seinen complicirten, mehrfachen Theilungen nicht eine, sondern viele Nervenfasern hervorbringt, berechtigt offenbar zu dem Schlusse, dass die einzelnen, aus dem Gehirn kommenden Fasern des Tractus sich nicht mit einer einzelnen Zelle, sondern mit vielen verbinden. Diese anatomische Betrachtung führt natürlich zu der physiologischen Folgerung, dass die functionelle Verbindung zwischen den Zellen des Bulbus (sensitives Centrum) und denen des Gehirns (Centrum der Vorstellungen) mittelst der Fasern des Tractus auf complexive Weise stattfindet, dass also nicht eine isolirte Leitung der einzelnen Elemente, sondern eine Leitung im Ganzen erfolgt. Dass eine solche, auf anatomische Gründe gestützte Annahme sich in vollkommener Uebereinstimmung mit dem befindet, was wir über die Geruchsfunctionen und ihre Beziehungen zu den Vorstellungscentren wirklich wissen, ist vollkommen klar.

Ebendiese Betrachtungen könnte man über die Art der Verbindung der peripherischen Geruchsnervenfasern mit den Zellen des Bulbus und vielleicht auch mit den Fasern des Tractus anstellen, obgleich wir sehen, dass die indirecte Verbindung mit den Zellen und die wahrscheinliche Verbindung mit den Fasern durch Vermittelung des in den Glomerulis vorhandenen Netzes stattfindet.

Ob jedoch eine Reihe der Zellen des Bulbus auf andere Weise functionirt, als auf die hier angegebene, ob sie nämlich eine isolirte Leitung besitzen, dies kann man, glaube ich, für jetzt nicht durchaus verneinen. Vielleicht müsste man zu einer solchen Reihe die grossen Zellen rechnen, welche regelmässig an der inneren Grenze der grauen Schicht angeordnet sind, obgleich es mir bis jetzt nicht gelungen ist, an dem nervösen Fortsatze dieser Zellen ähnliche Verzweigungen nachzuweisen, wie ich sie an den nervösen Fortsätzen der Ganglienzellen der Gross- und Kleinhirnrinde und der hinteren Hörner des Rückenmarks aufgefunden habe. Wenn dieser negative Befund sich bestätigen sollte, müsste man annehmen, dass dieser Fortsatz direct in den Axencylinder einer nervösen Markfaser übergeht, so wie man noch vor nicht langer Zeit glaubte, dass es mit allen nervösen Fortsätzen des Gross- und Kleinhirns, sowie des Rückenmarks der Fall sei. Doch muss ich wiederholen, dass man die Resultate weiterer Untersuchungen abwarten muss, ehe man einen so wichtigen Unterschied zwischen den verschiedenen Kategorien der Ganglienzellen gelten lässt.

Methode.

Was die bei diesen anatomischen Untersuchungen angewandten Methoden anbetrifft, so habe ich zu bemerken, dass ich mich aller derer bedient habe, welche bei dem Studium des Centralnervensystems die besten Dienste geleistet haben, von der einfachen Zerzupfung sowohl des frischen, als des schwach gehärteten Materials bis zu der von mir gefundenen Methode der doppelten Einwirkung des Kalibichromats und des Silbernitrates; ohne jedoch die Anwendung anderer moderner Methoden, wie die des Goldchlorürs oder der Osmiumsäure, zu vernachlässigen.

Da von allen diesen Methoden die meinige die besten Resultate geliefert hat, durch welche man mittelst bestimmter Abänderungen die Schwarzfärbung der Nervenzellen oder -fasern, oder der Bindegewebs-

elemente, oder auch die gleichzeitige Färbung eines Theiles der einen und eines Theiles der anderen erhalten kann, so will ich in dieser Notiz nur einige Regeln kurz angeben, damit man sich ihrer bedienen könne, wobei ich jedoch vorausschicke, dass ich noch nicht im Stande bin, mit aller Genauigkeit die Verfahrungsweisen anzugeben, welche nöthig sind, um damit die besten Resultate zu erhalten. Diese hängen noch zum Theil vom Zufall ab.

Die von mir befolgte Methode besteht wesentlich aus zwei verschiedenen Verfahrungsweisen, nämlich: 1) Härtung der Stücke in Lösung von doppeltchromsaurem Kali oder Ammoniak; 2) Eintauchung eben dieser Stücke in eine Lösung von salpetersaurem Silber.

Die passendste Lösung für die Härtung ist die nach der MÜLLER'schen Vorschrift bereitete (doppeltchromsaures Kali 2 g, schwefelsaures Natron 1 g), aber es ist zweckmässig, von acht zu acht Tagen die Dosis des Bichromats zu vergrössern, so dass man bis zu $3\,^1/_2$ und 4 g kommt. Die Resultate sind um so besser, je frischer das zu untersuchende Material ist, man muss also die Riechkolben in die Lösung bringen, sobald das Thier getödtet ist. Die Riechkolben von bedeutender Grösse, wie die des Hundes, des Ochsen etc., müssen vorher in Stücke geschnitten werden, damit die Wirkung des Bichromats auf das Parenchym gleichmässig ausfalle. Die Dauer der Eintauchung, welche nöthig ist, um eine zweckmässige Härtung zu erlangen oder das Stück in den besten Zustand zu versetzen, damit bei dem Durchgang durch die Nitratlösung die gewünschte, specielle Reaction auf die Elemente eintrete, hängt nicht nur von der Concentration der härtenden Flüssigkeit, sondern auch von der Temperatur der Umgebung ab. In der Kälte muss die Eintauchung länger dauern, dagegen können in der Wärme die Unterschiede sehr gross sein; z. B. die Reaction, die man im Sommer binnen 30—40 Tagen erhalten kann, gelingt im Winter oft erst nach 3, 4 und mehr Monaten. Daher lassen sich keine genauen Regeln aufstellen, und die guten Resultate hängen, wie ich schon sagte, zum Theil vom Zufall ab.

Der schwierigste und zugleich wichtigste Theil meiner Methode ist also die Bestimmung der Zeitdauer, nach welcher der zweite Theil des Verfahrens, die Uebertragung der Stücke aus dem Bichromat in das Silbernitrat, zu erfolgen hat. Den Mangel an bestimmten Regeln muss man durch zahlreiche Versuche ersetzen, welche man von Zeit zu Zeit anstellt; übrigens können auch folgende wenige Anweisungen nützen.

In der kalten Jahreszeit ist es zweckmässig, erst drei Monate nach der Einlegung in das Bichromat Versuche anzustellen, nachdem man es von zehn zu zehn Tagen erneuert hat. Bei dem allmählichen Uebergange von der kalten zur warmen Jahreszeit soll man die Versuche verhältnissmässig früher anstellen und die Zeit der Wiederholungen abkürzen; in der wärmsten Jahreszeit kann man die Versuche der Reaction mit dem Silbersalze nach 30—40 Tagen beginnen und sie in Zwischenräumen von 4—5 Tagen wiederholen.

Was die Regel der Aufeinanderfolge der verschiedenen Einwirkungen auf die Nervenzellen und -fasern und auf die Bindegewebselemente etc. betrifft, so muss ich ebenfalls erklären, dass es mir noch nicht gelungen ist, sie mit Sicherheit zu bestimmen, denn unter anscheinend gleichen Bedingungen habe ich nicht selten ganz verschiedene Resultate erhalten. Ich kann jedoch behaupten, dass die Aufeinanderfolge der Reactionen auf die verschiedenen Gewebe in der Regel folgende ist: 1) Bündel von Nervenfasern, welche die oberflächlichste Schicht der Bulbi bilden und in die Glomeruli eindringen. 2) Grosse Nervenzellen, welche in regelmässiger Reihe an der inneren Grenze der grauen Schicht liegen. 3) Bündel von Nervenfasern der weissen Substanz. Fast gleichzeitig oder wenig später die kleinen pyramidalen Zellen, welche in den von den Fasern der Nervenbündel gelassenen leeren Räumen in derselben Schicht liegen. 4) Bindegewebselemente und Blutgefässe. Diese werden fast immer auch in den früheren Perioden zugleich mit den Nervenzellen und -fasern gefärbt, bald in der einen, bald in der anderen Schicht am besten; aber ihre vollständigste, ausgedehnteste und zierlichste Färbung tritt beständig erst in einer vorgeschrittenen Härtungsperiode ein. 5) Ohne bestimmte Regel, d. h. bald gleichzeitig mit den Bindegewebselementen, bald mit den Nervenfasern färben sich die grossen einzeln liegenden, in der mittleren, inneren Schicht zerstreuten Nervenzellen.

Ich halte es fast für überflüssig, hinzuzufügen, dass diese verschiedenen Phasen der Reaction schnell oder langsam aufeinander folgen, je nach der umgebenden Temperatur, wie schon in Bezug auf die Zeit der Eintauchung in das Bichromat angegeben wurde. Es finden also in der Aufeinanderfolge der Phasen fast ebenso viel Abstufungen und Uebergänge statt, als die Unterschiede der höchsten und niedrigsten Temperatur unseres Klimas betragen. Es ist leicht zu begreifen, dass man nur selten eine bestimmte Aufeinanderfolge

der verschiedenen Phasen wird zu Stande bringen können, weil ein gradweiser Uebergang von einer Phase zur anderen stattfindet. Nicht selten geschieht es auch wegen der ungleichen Wirkung des Bichromats, dass an einer Stelle des Stückes die Reaction auf eine gegebene Reihe von Elementen vor sich geht, während an einer anderen Stelle die Reaction auf eine andere Reihe vorwiegt.

Die von mir gewöhnlich angewendete Silberlösung ist einprocentig. Man bekommt auch mit schwächeren Lösungen gute Erfolge, z. B. mit 0,50 und 0,75 Proc., die aber nach 12, 15, 20 Stunden erneuert werden müssen, um so mehr, wenn sich mehrere Stücke in einer verhältnissmässig geringen Menge von Flüssigkeit befinden. Die Nothwendigkeit der Erneuerung der Lösung wird dadurch angezeigt, dass sie eine gelbliche Farbe annimmt.

Was die Dauer des Aufenthaltes der Stücke in der Silberlösung betrifft, so braucht man keine Zeit streng einzuhalten, da derselbe Wochen und Monate ohne Schaden dauern kann; doch ist zu bemerken, dass auch die Wirkung des Silbernitrats in der Wärme schneller eintritt, als in der Kälte. Einige Stunden genügen gewöhnlich, um in den oberflächlichsten Schichten Spuren von Einwirkung hervorbringen, aber damit diese in die Tiefe eindringen, sind im Sommer 24 Stunden nöthig, im Winter 48 und mehr. Das Minimum der Eintauchung wird also die hier angegebene Stundenzahl sein, aber sie kann, wie gesagt, durch Wochen und Monate ausgedehnt werden, um so mehr, da die Stücke in der Silberlösung eine besondere Consistenz behalten, welche die Ausführung feiner Schnitte begünstigt. Für eine Erhaltung, welche Jahre lang dauern soll, ist es jedenfalls besser, die Stücke in Alkohol zu bringen.

Für die mikroskopische Untersuchung werden die Schnitte in Dammarfirniss oder Kanadabalsam gelegt, nachdem man sie in absolutem Alkohol entwässert und mit Kreosot durchsichtig gemacht hat.

Zeit und Licht verderben immer die nach meiner Methode angefertigten Präparate; zum Zwecke der Demonstration thut man daher wohl, einige Stücke in Alkohol aufzubewahren, von denen man leicht neue Schnitte erhalten kann. Aeusserst sorgfältige Behandlung, besonders vollkommene Entwässerung der einzelnen Schnitte mit Alkohol und Aufbewahrung im Dunkeln können das Verderben lange hinausschieben, so dass die Präparate über ein Jahr lang noch ziemlich werthvoll bleiben können; aber dann tritt das Verderben, wenigstens ein diffuses Gelbwerden, bald ein.

Als letzte Bemerkung über diese meine Methode will ich noch hinzufügen, dass einige Versuche mir bewiesen haben, dass man durch künstliche Temperaturerhöhung die Dauer der Eintauchung im Bichromate bedeutend abkürzen kann; aber ich bin für jetzt nicht im Stande, genaue Angaben hierüber zu liefern, da mir die Gelegenheit gefehlt hat, hinreichend genaue Versuche anzustellen.

No. V.

Ueber die Gliome des Gehirns.

Von

Dr. Camillo Golgi,

Oberarzt des Hospitals für Unheilbare in Abbiategrasso.

Hierzu Tafel 2.

Mit dem Namen »Gliome« hat VIRCHOW jene Neubildungen bezeichnet, welche sich aus dem interstitiellen Stroma (der sogenannten Glia oder Neuroglia) der nervösen Centralorgane entwickeln und in ihrem Bau den des interstitiellen Stromas selbst reproduciren.

Es ist kaum nöthig, zu sagen, dass die von VIRCHOW gegebene Beschreibung der Gliome vollkommen mit der Ansicht übereinstimmte, welche er sich von der Substanz gebildet hatte, die er Neuroglia oder Nervenkitt genannt hatte. Er beschrieb diese Neuroglia, wenigstens die der Mark- und grauen Schichten, als eine weiche, amorphe oder feinkörnige Substanz, in welcher in ziemlich bedeutender Menge zellige Elemente von rundlicher oder linsenförmiger Gestalt, ziemlich weicher und zerbrechlicher Consistenz zerstreut liegen, welche feinkörnigen Inhalt und grosse Kerne, ebenfalls mit körnigem Inhalt besitzen. So beschrieb er auch die Gliome als wesentlich aus rundlichen, linsen-, spindel- oder sternförmigen Elementen bestehend, welche in einer im frischen Zustande körnigen oder amorphen, an gehärteten Stücken netzförmigen (im Sinne SCHULTZE's), bisweilen auch deutlich faserigen Grundsubstanz liegen. Von der verschiedenen Menge und Beschaffenheit dieser Intercellularsubstanz machte VIRCHOW die auffallendsten Abweichungen im Aussehen und Bau der Gliome abhängig.

Er bemerkte z. B., dass die Intercellularsubstanz bisweilen eine so bedeutende Entwickelung erreicht, dass die Elemente voneinander getrennt erscheinen, isolirt oder zu Gruppen vereinigt, während sie in andern, und zwar den meisten Fällen, so sparsam auftritt, dass die genaueste Beobachtung nöthig ist, um sie wahrzunehmen. In solchen Fällen liegen die Kerne fast unmittelbar aneinander, so dicht, wie die Kerne der Körnerschichten.

Diese Ansicht VIRCHOW's über den Bau der Gliome wurde allgemein angenommen, wie auch seine Meinung über den normalen Bau des interstitiellen Stromas der Nervencentra fast allgemeine Geltung erlangt hatte.

Die Streitigkeiten, welche nach den Veröffentlichungen VIRCHOW's (1846) über die Neuroglia zwischen WAGNER, LEYDIG, HENLE, GERLACH, BESSER u. s. w. geführt wurden, bezogen sich mehr auf ihre Natur, als auf die Form ihrer Elemente und hatten keinen Einfluss auf die Ansichten über den Bau der Gliome.

Dies konnte nicht länger der Fall sein nach den Untersuchungen von DEITER's [1]) und mir [2]). Darauf

1) DEITERS, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere, Braunschweig 1865, Kapitel 2: Ueber die Bindesubstanz etc., S. 27.

2) GOLGI, Sulla sostanza connettiva del cervello. (Rendic. del R. Ist. Lomb. di Sc. e lett., Aprile 1870.) — Contribuzione alla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. (Riv. clin. di Bologna, 1871—72.)

folgten, ihre Resultate bestätigend, die Arbeiten von JASTROWITZ [1]), BUTZKE [2]) und BOLL [3]), so dass durch diese Arbeiten die Ansicht VIRCOHW's über den Bau des Bindegewebes des Gehirns gründlich abgeändert wurde.

Es ist nicht meine Absicht, die Geschichte der eben genannten Untersuchungen wieder durchzugehen, um so weniger, als ich bald auf diesen Gegenstand in einer anderen Arbeit werde zurückkommen müssen. Doch will ich erwähnen, dass DEITERS in der That das Verdienst zukommt, auf die entschiedenste Weise das Vorkommen charakteristischer Bindegewebszellen in den nervösen Centralorganen nachgewiesen und ausserdem eine, wenn auch nicht ganz richtige, doch wenig von der Wahrheit abweichende Beschreibung derselben geliefert zu haben. Es ist übrigens zu bemerken, dass bei DEITERS die poröse oder körnige Substanz noch eine grosse Rolle spielte, und dass er nur einem kleinen Theile der in dieser Substanz schwebenden Elemente die Form von Zellen mit deutlichem Körper und zahlreichen langen, dünnen Fortsätzen zuschrieb. Als vorherrschend betrachtete er freie oder mit einer dünnen Protoplasmaschicht umgebene Kerne.

Die genaueste Beschreibung der Bindegewebselemente der Centralorgane wurde von mir in der Mittheilung geliefert: »Sulla sostanza connettiva del cervello«, 1870, und in der späteren (1871—72) ausführlichen Arbeit: »Intorno alla fina anatomia delle diverse parti del sistema nervoso centrale«. Hier möchte ich die Aufmerksamkeit auf meine Figuren 2, 5, 6, 7 lenken, als auf die, welche unter den seitdem veröffentlichten der Wahrheit am nächsten kommen. Ebenso wurde von mir entschieden die Behauptung ausgesprochen, das interstitielle Bindegewebsstroma bestehe, wenn nicht ausschliesslich, so doch zum grössten Theile aus Bindegewebszellen mit deutlichem Körper, umgeben von einer unzähligen Menge von sehr langen, fadenförmigen Fortsätzen, von denen viele sich an die Gefässwände ansetzen.

Die nach einander veröffentlichten Beschreibungen des Bindegewebes der Centralorgane sind weit davon entfernt, ausser in einigen kleinen Einzelheiten, den Grad von Genauigkeit erreicht zu haben, der sich in meinem soeben angeführten Aufsatze findet; aber mit diesen will ich mich jetzt nicht näher beschäftigen.

Vor allem kommt es mir jetzt darauf an, festzustellen, dass es durch die neuesten histologischen Untersuchungen zweifellos geworden ist, dass das zwischen den Nerven-zellen und fasern, sowohl des Gross- und Kleinhirns als des Rückenmarks liegende Stroma im Wesentlichen aus folgenden Elementen besteht: in der weissen Substanz aus Zellen mit abgeplattetem, breitem Körper, welcher in eine grosse Zahl von feinen, langen, selten verzweigten Fortsätzen ausläuft; in der grauen Substanz aus Zellen mit unregelmässigem, von einem dichten Zaun feinster, nicht so selten verzweigter Fortsätze umgebenem Körper, von theilweise körnigem, theilweis homogenem und glänzendem Aussehen, welche an der Bildung des interstitiellen Stromas wahrscheinlich den bedeutendsten, wenn nicht einen ausschliesslichen Antheil haben.

Da es nunmehr ein unbestreitbarer Grundsatz der allgemeinen Pathologie ist, dass der Bau der Neubildungen immer dem des Theils entlehnt ist, von welchem dieselben entspringen, so kann man offenbar voraussetzen, dass Neubildungen, wie es die Gliome sind, deren Ausgangspunkt das interstitielle Bindegewebe des Gehirns und der anderen Theile des Centralnervensystems ist, einen ähnlichen Bau zeigen, wie das Bindegewebe selbst, das heisst, dass sie wesentlich aus Zellen bestehen, welche den soeben als normal angegebenen analog sind.

Diese so augenfällige Hypothese, welche ich schon seit der Zeit aufgestellt hatte, als ich im Laboratorium für experimentelle Pathologie zu Pavia die ersten Resultate über die normale Bildung des Bindegewebes des Hirns erhielt, konnte ich bald durch die Untersuchung zweier Fälle von Gliom bestätigen, von denen der eine die Hirnrinde (Januar 1871), der andere (Juli 1871) die weisse Substanz des Grosshirns betraf. Diese Gliome, nach passenden Methoden von mir untersucht, waren fast ausschliesslich aus Elementen gebildet, welche der Form nach genau den normalen Bindegewebszellen glichen, die einen denen der Rinde, die anderen denen der weissen Substanz.

Auf diese Beobachtungen gestützt, stand ich nicht an, die Meinung auszusprechen, für echte Gliome dürften nur diejenigen Neubildungen gelten, welche vorwiegend aus Zellen

1) JASTROWITZ, Studien über die Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. (Arch. für Psych. und Nervenkrankh., Bd. 3, 1872, S. 162.)

2) Studien über den feineren Bau der Grosshirnrinde. (Arch. für Psych. und Nervenkrankh., Bd. 3, 1872, S. 575.)

3) BOLL, Die Histologie und Histogenese der nervösen Centralorgane, Berlin 1873, Capitel 3: Das Bindegewebe etc., S. 5.

mit zahlreichen Fortsätzen, aus strahligen Zellen bestehen, ähnlich denen, welche man normaler Weise überall in grosser Menge in den nervösen Centralorganen vertheilt findet.

Diese Beobachtungen wurden dann von Prof. BIZZOZERO controlirt und bestätigt, welcher allgemeine Gesetze daraus ableitete und sie sowohl in seiner Schrift »Del rapporto que sta fra la struttura dei tumori, e la natura del tessuto, da cui prendono origine« [1]) als in den von Turin datirten Vorträgen über allgemeine Pathologie [2]) erwähnt hat.

Zur weiteren Bestätigung von meinen und BIZZOZERO's Schlüssen erschienen dann vor nicht langer Zeit zwei von SIMON beschriebene Fälle von Hirn-Gliom [3]).

Die eine dieser Geschwülste, von Faustgrösse, lag in der Dicke der rechten Hirnhemisphäre und bestand ganz aus Bindegewebszellen mit zahlreichen Fortsätzen (DEITERS'schen Zellen nach BOLL, Spinnenzellen nach JASTROWITZ). Die andere, 10 cm lang, 11 cm breit, hatte sich aus dem Ependym des linken Seitenventrikels, am Eingange in das hintere Horn entwickelt und enthielt eine grosse Zahl, ungefähr ein Drittel von der ganzen Menge der sie bildenden Elemente, von pinselförmigen Zellen, ähnlich denen, welche BOLL (S. Fig. 3 der Arbeit dieses Autors) in der weissen Substanz des Rückenmarks, in des Thalamis opticis etc. gesehen haben will. Dies sind Zellen mit dreieckigem Körper, aus deren Basalseite allein unzählige Fasern ausgingen, während ihre Spitze in einen breiten, sehr langen, nicht verzweigten Stiel von homogenen Aussehn ausgezogen war.

Man könnte also die Existenz der Gliome, welche mehr oder weniger genau den Bau des interstitiellen Stromas der Nervencentra darstellen, für eine in das Bereich der allgemeinen Pathologie aufgenommene Thatsache halten. Da jedoch die Thatsache noch nicht allgemein bekannt zu sein scheint, was auch aus der soeben angeführten Arbeit von SIMON hervorgeht (worin das Vorkommen von Gliomen mit Spinnenzellen als ganz neu, noch nicht allgemein angenommen behandelt wird), so scheint es mir nicht ohne Interesse, auf diesen Gegenstand zurückzukommen und hier eine kurze Darstellung der von mir beobachteten Fälle von Gliom zu geben.

Eine genauere Untersuchung über den Bau der Gliome scheint mir einiges Interesse darzubieten, sowohl vom rein histo-pathologischen Gesichtspunkte, besonders zur genaueren Unterscheidung der Gliome von den Sarkomen, als auch in praktischer Hinsicht.

In Bezug auf den ersten Punkt möge man daran denken, dass VIRCHOW erklärt: »Die Unterscheidung der Gliome von den Sarkomen biete bedeutende Schwierigkeiten, so dass man in vielen Fällen die Gruppe ganz willkürlich wählt, wo man die Neubildung des Gehirns unterbringen will«. In der That könnte man mit Hülfe der Beschreibung, welche VIRCHOW von der Neuroglia und den Gliomen giebt, kaum ein einigermaassen sicheres Unterscheidungsmerkmal finden, um sie von den Sarkomen zu trennen. Wenn wir dagegen dem Grundbegriffe treu bleiben, dass die Gliome Bindegewebsgeschwülste sind, welche in ihrem Bau den Bau des Bindegewebes der Nervencentra reproduciren, so haben wir das Recht, diesen Namen auf Geschwülste zu beschränken, welche ganz oder vorwiegend aus strahligen Bindegewebszellen bestehen, wie sie den nervösen Centralorganen eigenthümlich sind; für Sarkome müssen wir dagegen diejenigen Neubildungen erklären, welche aus rundlichen oder spindelförmigen Elementen bestehen, also aus solchen, deren Typus sich am embryonalen Bindegewebe findet.

Man möge auch nicht sagen, dass die kleinen, rundlichen Elemente, welche VIRCHOW für fast charakteristisch für die Gliome erklärte, ihr Gegenstück in den sogenannten Körnchen der Gross- und Kleinhirnrinde, in der grauen Substanz der Ammonshörner etc. finden. Diese angeblichen Kerne, freiliegend oder mit einer sehr dünnen Protoplasmaschicht umgeben, sind nicht, wie ich kürzlich nachgewiesen habe, was man nach der Benennung erwarten sollte, mit welcher sie gewöhnlich bezeichnet werden; es sind wirkliche kleine, mit 3, 4, 6

1) Vorgetragen in der medicin. Akademie in Turin, Sitzung vom 9. August 1872.

2) BIZZOZERO, Laezioni di Pathol. gen. date nella R. Univ. di Torino l'anno 1872—73, riassunte da S. LOSIO ed E. MOBRA, p. 375.

3) TH. SIMON, Das Spinnenzellen- und Pinselzellen-Gliom. Ein Beitrag zur Geschwulstlehre. Arch. für pathol. Anatomie und Physiol., Juliheft 1874.

In dieser Arbeit zeigt der Verf. geringe Kenntniss der Literatur der bisherigen Untersuchungen über das normale Bindegewebe der nervösen Centralorgane und noch geringere der die Gliome betreffenden.

Fortsätzen versehene Zellen, und, was das Wichtigste ist, von nervöser Natur; sie stehen in Verbindung mit Nervenfasern.

Das blosse Beiwort »nervös«, welches diesen kleinen Zellen zukommt, genügt, um den Gedanken auszuschliessen, sie als Prototyp der gliomatösen Elemente gelten zu lassen, und ebenso, um die Hypothese abzuweisen, sie könnten zur Hervorbringung der gliomatösen Elemente beitragen. Dagegen trägt zur Bestätigung des Grundunterschiedes zwischen den Gliomzellen und den sogenannten Körnchen noch der wesentliche Unterschied der Form bei, indem man an den Körnchen die Art der Verzweigung erkennt, welche man für die Nervenzellen typisch nennen kann.

Diese genaue Abgrenzung zwischen Gliom und Sarkom scheint mir auch eines gewissen praktischen Interesses nicht zu entbehren, denn sie würde in genauem Verhältniss zu dem Unterschied stehen, welchen diese beiden Arten von Bindegewebs-Neubildungen in Bezug auf ihren Verlauf und auf ihren Einfluss auf den Organismus darbieten. Diejenigen Neubildungen, welche aus Elementen bestehen, die dem normalen interstitiellen Stroma der Nervencentra analog sind, die echten Gliome, wirken als bloss örtliche Krankheit, sind nicht bösartiger Natur, obgleich die von ihnen veranlassten Zufälle sehr schwer sein können. Dagegen sind die aus rundlichen Zellen bestehenden Neubildungen, welche an die Elemente der Sarkome erinnern, gefährlich, nicht allein weil sie Druck auf das Gehirn ausüben, sondern auch, weil sie Metastasen veranlassen können, d. h. weil sie die Eigenschaften der sogenannten bösartigen Neubildungen besitzen. Die wenigen als Gliome mit Metastasen beschriebenen Fälle haben sicher zu den Sarkomen gehört.

Beobachtung 1. Enrico Torti, an Epilepsie und Blödsinn leidend, von denen die erstere im Alter von 13 Jahren erschienen ist, der zweite sich seit dem Auftreten der Convulsionen stetig entwickelt hat, starb im Alter von 24 Jahren in Folge heftiger, langdauernder, epileptischer Anfälle in der Klinik des Prof. Lombroso in Pavia am 3. Januar 1871.

Nach Oeffnung der Schädelhöhle und Entblössung des Gehirnes bemerkt man, dass die oberen Parietalwindungen, und zwar der höchste Theil der Windungen, welche die Furche von Rolando begrenzen (die vordere und hintere Centralwindung), sich ungewöhnlich hoch über die daneben liegenden erheben, wobei sie aber die gewöhnliche, rundliche Oberfläche beibehalten; man hätte sagen mögen, die genannten Theile dieser beiden Windungen wären riesig angewachsen. Hyperämie der Meningen ist allgemein, aber in der erkrankten Gegend am stärksten ausgesprochen. Dem Gefühl erscheinen die geschwollenen Windungen ungewöhnlich weich und fast fluctuirend. Nach Ausführung von Längsschnitten sieht man, dass der anscheinende enorme Zuwachs der Windungen durch ein weiches, halb durchsichtiges Gewebe von gallertartigem Aussehen und hortensienrother Farbe hervorgebracht wird, welches eine 1, 2, 3 cm dicke, den inneren zwei Dritteln der Hirnrinde aufliegende Schicht bildet, ohne dass man eine scharfe Grenze zwischen dem neugebildeten Gewebe und der grauen Substanz finden konnte. Es findet im Gegentheil ein allmählicher Uebergang von der grauen Substanz in das gelatinöse Gewebe statt.

An einigen Stellen scheint nicht bloss das äussere Drittel der Hirnrinde unter dem pathologischen Gewebe verschwunden zu sein, sondern zwei Drittel und an einigen seltenen Punkten sogar das Ganze derselben, so dass man daselbst einen allmählichen directen Uebergang des Gallertgewebes in die weisse Substanz beobachtet. Auch scheint nicht bloss der äussere oder obere Theil der Windungen von der Neubildung befallen, sondern diese setzt sich auch in die zwischen ihnen liegenden Vertiefungen fort. Auf deren Boden verschmelzen die beiden Gliomschichten der einander gegenüberliegenden Windungen, und man bemerkt grosse Inseln dieses Gewebes. Die Pia mater, welche sich an anderen Windungen mit Leichtigkeit von der Rinde ablöst, ist in den erkrankten Theilen mit dem pathologischen Gewebe eng verbunden, so dass man beim Abziehen derselben ein Stück gelatinöser Substanz mit abreisst.

Mikroskopische Untersuchung. Die mikroskopische Untersuchung wurde sowohl mittelst Zerzupfung frischer Stücke, als nach einer Eintauchung von 4, 6, 10 Tagen in schwacher Bichromatlösung, und auch an Schnitten durch mit Bichromat gehärtete Stücke ausgeführt.

Die Zerzupfung frischer Theile lässt schon erkennen, dass die Neubildung eine grosse Menge von

ähnlichen Zellen enthält, wie sie in der Rinde normaler Weise vorkommen und deren Oberfläche allein ausmachen. Aber schon bei dieser ersten Untersuchung sieht man zugleich mit diesen Elementen sehr viele rundliche Zellen ohne Fortsätze, welche an die von VIRCHOW beschriebenen rundlichen, gliomatösen Elemente erinnern. Ausserdem erkennt man leicht, dass die Menge dieser rundlichen Elemente daher rührt, dass sie wegen ihrer grossen Weichheit verstümmelt sind und nicht in ihrer wahren Form erscheinen. Ja es ist leicht zu bemerken, dass bei der Zerreissung in frischem Zustande nur die kräftigeren, nach der Peripherie zugelegenen Theile der Neubildung mehr oder weniger erhalten sind. Man kann daher sagen, dass beim Studium der die Neubildung ausmachenden Elemente nur diejenigen Zerzupfungen brauchbare Resultate geben, welche an durch schwache Bichromatlösung gehärteten und mit Karmin behandelten Stücken ausgeführt werden: also genau nach der Methode, welche ich für die Behandlung des normalen Bindegewebes des Gehirns und Rückenmarks angegeben habe.

Die bei weitem häufigste Form der das Gallertgewebe bildenden Elemente bilden Zellen von unregelmässig rundlichem oder ovalem Körper, 15, 20, 25 μ gross, versehen mit einer unzähligen Menge fadenförmiger, sehr langer, zum Theil gebogener, zum Theil starrer, meistens nicht verzweigter oder nur an ihrem Ursprunge gegabelter Fortsätze. Es sind Faserbündel, welche man nach allen Richtungen von den einzelnen Zellen ausgehen sieht, und es ist leicht, zu bemerken, wie der Zellkörper selbst sich in die Ausläufer fortsetzt, indem diese zu Anfang oft breit und platt gedrückt erscheinen und in einiger Entfernung von ihrem Austrittspunkte als gleichförmige Fasern auftreten.

Der grösste Theil dieser Zellen enthält einen einzigen Kern von rundlicher oder ovaler Gestalt; einige enthalten ihrer zwei und einige wenige sogar drei oder vier. In vielen, besonders in den äusseren Schichten der Neubildung enthält der Zellkörper zahlreiche Körnchen von gelbem Pigment, welche nicht selten in solcher Menge vorhanden sind, dass sie den Kern ganz verdecken, bisweilen auch in die Fortsätze eingehen.

Als die bemerkenswertheste Abweichung von dem Typus der hier beschriebenen Elemente trifft man vorzüglich in den tiefen Theilen der Neubildung zahlreiche rundliche, ziemlich regelmässige Zellen mit rundem Kern, ziemlich sparsamer, weicher, feinkörniger Zellsubstanz, ebenfalls umgeben von einer sehr grossen Zahl von Fortsätzen an, welche letzteren aber nicht homogen, glänzend und kräftig, vielmehr sehr zart, von feinkörnigem Aussehen erscheinen, so dass man an die letzten Endigungen der Protoplasmafortsätze der Nervenzellen erinnert wird. Dann sieht man noch eine gewisse Anzahl von Zellen von demselben Typus, wie die vorigen, aber mit einer mässigen oder geringen Zahl von Fortsätzen versehen; ja einigen scheinen dieselben gänzlich zu fehlen, sie zeigen die Charaktere embryonaler Zellen, und man könnte sie für die ersten Entwickelungsstadien der Bindegewebszellen halten.

Endlich, wenn man aus den tiefen Schichten stammende Theilchen der Neubildung zerfasert, zeigen sich andere Elemente, welche den beschriebenen durchaus unähnlich sind; sie haben ein besonderes Aussehen, welches an die Ganglienzellen der Rinde erinnert. Ihr Durchmesser beträgt 15, 20, 30 μ, sie zeigen rundliche, ovale oder birnförmige Gestalt und scharfe Umrisse und bestehen aus einer Substanz von körnigem Aussehen, ähnlich der der Ganglienzellen. Diese Substanz geht in eine geringe Zahl von Fortsätzen über, welche ebenfalls ein körniges Aussehen zeigen und sich dichotomisch verzweigen, ganz wie die sogenannten Protoplasmafortsätze. In den tiefsten Schichten der Neubildung findet man auch viele Mark- und einfache Fasern, sowie eine gute Zahl wohl charakterisirter Ganglienzellen.

Die Untersuchung von Schnitten durch in Bichromat erhärtete Stücke trägt nur dazu bei, das an Zerzupfungspräparaten Beobachtete zu bestätigen und deutlicher zu machen.

Die äussere Hälfte der Neubildung zeigte sich auf das deutlichste als ausschliesslich aus den kräftigen Bindegewebselementen bestehend, welche wir zuerst beschrieben haben; ihre in Bündel vereinigten Fortsätze sah man vorwiegend horizontal verlaufen, wie ich es bei der dünnen, oberflächlichen Bindegewebsschicht der normalen Rinde bemerkt habe. In den tieferen Schichten erscheint der Bau der Neubildung zarter, obgleich noch rein aus Bindegewebe bestehend. Die Zellen zeigen weniger scharfe Umrisse, ihre Form ist weniger unregelmässig, und ihre Fortsätze sind nicht so starr und glänzend, wie an der Oberfläche, sondern feiner und weicher, ihr Aussehen ist deutlich körnig. An einigen Stellen der Schnitte, besonders den sehr stark gehärteten, findet man das wohlbekannte Aussehen einer körnigen Schicht, in welcher zahlreiche rundliche Zellen vertheilt sind, aber bei zweckmässiger Behandlung, das heisst durch zartes Auspinseln und

Abspülen in Wasser mit Karmin, gelingt es nachzuweisen, dass der Bau derselbe ist, wie in den äusseren Schichten.

Eine tiefere Veränderung erfährt die Structur nur durch die Gegenwart der angegebenen Elemente, welche dem Aussehen nach an Nervenzellen erinnern, ohne aber deren genaue Form zu haben. Wenn man von den Schichten, in welchen charakteristische Nervenzellen vorkommen, nach aussen fortschseitet, bemerkt man, dass diese Elemente nach und nach seltener werden, um ungefähr an der äusseren Grenze des tiefen Drittels der Neubildung zu verschwinden, und im Gegentheil bemerkt man, dass von aussen nach innen zu ebendiese Elemente sowohl der Gestalt als der Anordnung nach, eine immer grössere Aehnlichkeit mit Nervenzellen annehmen. Wenn man nur einen zusammenfassenden Blick auf die Verticalschnitte wirft, welche die ganze neugebildete Schicht und die betreffende Windung enthalten, bemerkt man, von unten nach oben fortschreitend, dass im allgemeinen in den tiefen Schichten der Rinde keine bemerkenswerthen Structurverschiedenheiten vorhanden sind, dass aber allmählich nach aussen zu, noch ehe das Gewebe von gelatinösem Aussehen anfängt, die Zwischenräume zwischen den Ganglienzellen und den Nervenfaserbündeln grösser werden, als im Normalzustande. Die letztern weichen durch das immer grössere Eindringen des interstitiellen Gewebes schnell aus einander, sie verbreitern sich, zerfallen, und bald bleiben nur noch wenige, einzelne Fasern übrig. Indessen sieht man eine gute Zahl von ihnen die Schichten überschreiten, in denen die charakteristischen Ganglienzellen liegen, um sich in dee Schichten zu verlieren, in welchen die oben beschriebenen rundlichen oder birnförmigen Zellen verstreut sind, welche den Nervenzellen ähneln. Weiterhin zeigt das Gewebe den reinen Bau des Bindegewebes. In den verschiedenen Schichten, sowohl der Neubildung als der Hirnrinde, finden sich viele Blutgefässe mit verdickten Wunden, von Blut strotzend.

Aus dieser Beschreibung folgt mit voller Deutlichkeit, dass die Bindegewebsneubildung sich in dem zwischen den Nervenelementen liegenden Stroma entwickelt hatte, welche durch diese abnorme Entwickelung sich von einander entfernt hatten, ohne an der Neubildung Theil zu nehmen.

Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass man nicht mit absoluter Sicherheit entscheiden kann, ob die oben als den Nervenzellen ähnlich angegebenen Elemente als neugebildet zu betrachten seien, oder als schon vorher vorhandene, auf verschiedene Weise durch ihre geänderten Ernährungsverhältnisse inmitten des üppigen Bindegewebsstromas modificirte Nervenzellen. Die Beantwortung dieser Frage steht mit der über die Möglichkeit einer Reproduction oder wirklichen Neubildung von Ganglienzellen in Verbindung. Diese Möglichkeit wird von Vielen für durchaus gewiss gehalten, durch neuere Versuche aber zweifelhaft gemacht.

Die Neubildung stellte genau (von einer gewissen, grösseren Kräftigkeit der Elemente abgesehen) den Bau des Bindegewebes der Hirnrinde dar, ja man könnte gewissermaassen sagen, sie bildete an vielen Stellen eine ungeheure Entwickelung der dünnen Bindegewebsschicht, welche sich im normalen Zustande unter den Meningen vorfindet.

Beobachtung 2. Diese betrifft einen Fall von Gliom der Varolsbrücke bei einem sechsjährigen Mädchen, welches im Juli 1871 in der Augenklinik von Pavia gestorben ist. Ich konnte die Untersuchung dank der freundlichen Erlaubniss des Prof. Manfredi ausführen, des damaligen Assistenten dieser Klinik.

Die Neubildung, von welcher ich nur einige Stücke erhielt, hatte sich offenbar an der Peripherie der Markstränge jener Gegend entwickelt. An den umliegenden, nicht veränderten Theilen der Brücke bildete sie einen halbkugeligen Vorsprung, ungefähr von der Grösse einer starken Bohne von weich-fleischiger Beschaffenheit und weissgrauer Farbe, von der besonderen Halbdurchscheinendheit und dem gelatinösen Aussehen der Bindegewebsneubildungen der nervösen Centralorgane. An der Peripherie war der Tumor gegen das Nervengewebe nicht scharf abgegrenzt, sondern man sah daselbst einen gradweisen Uebergang von dem grauen Gewebe auf das der Markbündel; ja hier und da wurde dieser allmähliche Uebergang durch das Auftreten mehrerer abwechselnder Streifen von Nervengewebe und gliomatösem Gewebe dargestellt.

Bei der mikroskopischen Untersuchung nach Zerzupfung war es am auffallendsten, dass man im frischen Zustande nur kleine, rundliche, nackte, oder von körnig-fasriger Substanz umgebene Elemente wahrnahm, ohne entscheiden zu können, ob die Fasern ein Ausfluss des Zellkörpers wären, während man nach 4-, 6-, 8-tägiger Maceration in verdünnter Bichromatlösung beobachtete, dass die Neubildung ganz überwiegend aus Zellen bestand, deren Typus, wenn auch mit einigen Abweichungen, sich in den Bindegewebszellen der Marksubstanz

des Gehirns vorfindet. Es waren kleine Zellen von 10, 15, 20 μ Durchmesser, mit feinkörnigem Protoplasma, zart, mit rundlichem Kerne und zahlreichen, sehr feinen und zarten Fortsätzen versehen, welche zum Theil von körnigem, zerbrechlichem Aussehen, zum Theil glänzend, fadenförmig, biegsam und zähe waren. Die Bindegewebszellen aus der weissen Substanz des Gehirns unterscheiden sich von ihnen dadurch, dass sie im Allgemeinen eine viel grössere Zahl von Fortsätzen besitzen, welche im Normalzustand gewöhnlich sehr fein, fadenförmig, homogen, glänzend und biegsam sind, sowie durch die Gestalt des Zellkörpers, welcher in den normalen Zellen lamellenartig zusammengedrückt zu sein pflegt.

Durch die Untersuchung von Schnitten durch vollständig gehärtete Stücke hätte man schwerlich ein Urtheil über die feinere Structur des Tumors gewinnen können. Feine Durchschnitte zeigten den Anschein eines aus unzähligen, rundlichen Zellen und sparsamer, feinkörniger oder fasriger Intercellularsubstanz bestehenden Gewebes. Nur in einigen Stücken eines nach schwacher Härtung zart ausgepinselten und nach Tränkung in Karminlösung in Wasser ausgespülten Schnittes konnte man sich überzeugen, dass die Zellen grossentheils dem oben beschriebenen Typus angehörten. Uebrigens zeigte die Untersuchung der an der Peripherie des Tumors geführten Schnitte deutlich, dass das neue Gewebe sich aus dem spärlichen, zarten interstitiellen Gewebe der Markschichten der Gegend entwickelt hatte, wo die Neubildung ihren Sitz hatte.

Aus diesen beiden Beobachtungen kann man, wie mir scheint, eine wichtige, allgemeine Folgerung ziehen, nämlich die neue Bestätigung des bekannten Gesetzes, dass zwischen dem Bau der Tumoren und der Natur des Gewebes, in welchem sie sich entwickeln, eine innige Verbindung besteht.

Dies wird hier auch durch die an den beiden von mir beschriebenen Gliomen bemerkten Unterschiede bestätigt. Ihr Bau ist im Wesentlichen derselbe, da beide vorwiegend aus strahligen Bindegewebszellen bestehen. Das erste stellt genauer den Bau des Bindegewebsstromas der Hirnrinde dar, aus welcher es entsprossen ist; im zweiten sehen wir dagegen diejenigen Bindegewebselemente vorherrschen, welche ihrer Form und Zartheit nach ihres Gleichen eher in den Elementen finden, welche das interstitielle Stroma der weissen Hirnsubstanz bilden.

Diese Befunde veranlassen mich, jetzt mit grösserer Sicherhejt auszusprechen, man müsse künftig als Gliome nur diejenigen Arten von Neubildungen bezeichnen, welche vorwiegend aus Bindegewebselementen bestehen, denen ähnlich, welche nach den Resultaten der neuesten Forschungen das zwischen den Ganglienzellen und Nervenfasern liegende Stroma bilden, und dagegen zu den Sarkomen diejenigen, bis jetzt grossentheils zu den Gliomen gestellten Neubildungen rechnen, welche aus rundlichen Elementen und mehr oder weniger reichlicher, granulöser oder fibrillärer Intercellularsubstanz bestehen [1]).

1) Die kürzlich bei der Untersuchung zweier neuen Fälle von Hirngliom erhaltenen Resultate stimmen vollkommen mit den in dieser Arbeit beschriebenen überein.

VI.

Untersuchungen über den Bau der peripherischen und centralen markhaltigen Nervenfasern.

Von

Prof. Camillo Golgi in Pavia.

Archivio per le Scienze Mediche, Turin 1880.

Hierzu Tafel 3.

Peripherische markhaltige Nervenfasern.

I.

Als durch die bekannten Untersuchungen von RANVIER und SCHMIDT-LANTERMANN, von denen die ersten im Jahre 1872, die zweiten im Jahre 1874 bekannt wurden[1]), die Untersuchung der äusseren Charaktere der markhaltigen Nervenfasern abgeschlossen schien, wendeten die Histologen ihre Aufmerksamkeit vorzugsweise den feineren Einzelnheiten des Baues dieser Elemente zu, und besonders suchte man über die zwischen dem Axencylinder und der SCHWANN'schen Scheide enthaltenen und durch die Markscheide verborgenen Theile Klarheit zu erhalten.

Wie die Zeit nach d. J. 1872 speciell durch die Studien der genannten Forscher bezeichnet wurde, so kann man sagen, dass die neueste Periode durch die Untersuchungen von EWALD und KÜHNE[2]) begonnen und charakterisirt wurde. Ihre Untersuchungen, von ganz neuen Gesichtspunkten ausgehend, führten zur Entdeckung wichtiger Thatsachen, welche das Nervengewebe in anderem Lichte erscheinen liessen, und wurden zu Ausgangspunkten einer Reihe von Einzeluntersuchungen.

Vor Allem lieferten EWALD und KÜHNE durch rein chemische Mittel, besonders durch die Methode der künstlichen Verdauung vermittelst des Magensaftes und Trypsins den Beweis, dass in den Nervenorganen im Allgemeinen eine Substanz, welche die Reaction der Horngewebe giebt, weit verbreitet ist.

Dieser Stoff findet sich nicht nur in den Nerven, der weissen Substanz des Rückenmarks und Gehirns und in der Retina, sondern auch in der grauen Substanz, ja EWALD und KÜHNE erklären, die sogenannte Neuroglia führe mit Unrecht diesen Namen, und das, was als Bindegewebe der grauen Substanz betrachtet wird, sei zum grossen Theile keine leimgebende Substanz, und besonders kein Bindegewebe, sondern von epithelialer Natur und stamme, ebenso wie die Nerven, von dem Hornblatte ab.

---

1) L. RANVIER, Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Arch. de physiol., Vol IV, 1872. — A. J. LANTERMANN, Bemerkungen über den feineren Bau der markhaltigen Nervenfaser. Centralbl. für die med. Wissensch. No. 95, 1874. — Ueber den feineren Bau der markhaltigen Nervenfaser [aus dem anat. Inst. zu Strassburg]. Arch. für mikr. Anatomie, Bd. 3, H. 1, S. 1, 1876. — H. D. SCHMIDT, On the construction of the dark or double bordered Nervefibre. Monthly microsc. Journal, 1874.

2) A. EWALD und W. KÜHNE, Die Verdauung als histologische Methode. — Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. Verhandl. des Naturhist. med. Vereins zu Heidelberg, Bd. 1, H. 5, 1876.

Als in den Nerven das Vorhandensein der Hornsubstanz (Neurokeratin) chemisch nachgewiesen war, kam es darauf an, zu bestimmen, auf welche Weise diese Substanz in den einzelnen Fasern morphologisch enthalten sei.

Um diese Frage zu beantworten, griffen EWALD und KÜHNE zu verschiedenen Mitteln, aber besonders zu der Behandlung mit Alkohol und Aether in der Wärme, um die Marksubstanz auszuziehen, und auch zu der Verdauung mit Magensaft und Tripsin, welche an isolirten Nervenfasern auf dem Objektträger ausgeführt wurde.

Zur Stütze der Resultate dieser Beobachtungen behaupteten EWALD und KÜHNE, in den Nervenfasern seien zwei chemisch zu dem Horngewebe gehörige Scheiden vorhanden, darunter eine äussere, unmittelbar der SCHWANN'schen Scheide anliegende, welche diese von der Marksubstanz trennt, und eine innere, den Axencylinder eng umschliessende, welcher so ebenfalls von der Markscheide getrennt werde. Die beiden Scheiden würden hie und da durch einige mehr oder weniger starke Trabekel verbunden, welche stark lichtbrechend seien, sich verzweigten und Knoten zeigten. (»Knorriges Gerüst«.)

Die nach den von EWALD angestellten, durch sie gewissermaassen hervorgerufenen Untersuchungen, bestätigten zwar durch die chemischen Mittel das Vorhandensein eines diffusen, hornigen Stromas in den Nervenfasern, stimmten aber in morphologischer Beziehung nur zum Theil mit ihm überein.

So leugnete TIZZONI[1]), welcher zuerst die Aufgabe übernahm, die Angaben EWALD's und KÜHNE's zu prüfen, das Vorhandensein der beiden Scheiden, und behauptete dagegen, in den peripherischen Nervenfasern zeige sich das Horngewebe in der Gestalt eines Netzes mit unregelmässigen Maschen, und stehe mit der SCHWANN'schen Scheide nicht in Zusammenhang, wohl aber in Beziehung, ja in inniger Verbindung mit dem Axencylinder. Ferner bemerkt er, das Netz sei in der Höhe der Verengerungen RANVIER's unterbrochen, wie die Markscheide, und behauptet, dieses Netz habe durchaus keine Beziehungen mit den Einschnürungen von LANTERMANN.

Gegen TIZZONI bestätigt RUMPF[2]) in einer in demselben Laboratorium von KÜHNE ausgeführten, bemerkenswerthen Arbeit das Vorhandensein der beiden hornigen Scheiden, welche auf die von EWALD und KÜHNE angegebene Weise angeordnet sind und zwischen sich einen von Myelin eingenommenen Raum lassen, welcher an der Stelle der Verengerungen RANVIER's beschränkt, aber nicht unterbrochen werde. Zwischen den beiden Scheiden nun (welche er nicht einfach hornig, sondern »hornige Substanz führend« nennt, weil sie ausser einer dem Pepsin und Trypsin widerstehenden Substanz noch eine andere, albuminoide, durch jene beiden Stoffe verdaut werdende enthalten) fänden sich Trabekel, und zwar immer je drei von Stelle zu Stelle. Durch diese interstitiellen, zwischen den beiden Scheiden ausgespannten Trabekel, glaubt er, würden die LANTERMANN'schen Einschnürungen hervorgebracht.

Nach RUMPF hat es nicht an Forschern gefehlt, welche das Dasein der hornigen Schicht durchaus in Abrede stellten. Diese Ansicht wurde von GERLACH[3]) vertreten. Da er beobachtet hatte, dass bei plötzlicher Anwendung starken Alkohols ein feineres Netz sichtbar wird, als wenn der Alkohol langsam einwirkt, und dass an mit Wasser behandelten Nervenfasern überhaupt kein Netz mehr nachweisbar ist, so glaubte er behaupten zu dürfen, »das Auftreten der Hornschicht in der Markscheide müsse einer specifischen Wirkung des Alkohols zugeschrieben werden«.

Wahrscheinlich im Zusammenhang mit den Ideen von GERLACH behauptete KOCH[4]), ebenfalls aus dem anatomischen Institute von Erlangen, in einer kurzen Mittheilung, es befinde sich zwischen den einzelnen Medullarabschnitten eine weiche, cementirende Substanz, ähnlich derjenigen, welche die Endothelzellen zusammenhält. Er bekämpfte auch die Meinung von KUHNT, dass es sich um eine feine, zwischen zwei Segmenten ausgespannte Membran handele, welche von einer Scheide des Axencylinders zu der Scheide von

1) G. TIZZONI, Sulla patologia del tessuto nervoso. — Osservazioni ed esperimenti sulla istologia normale e patologica della fibra nervosa. [Arch. per le Sc. med., Vol. III, Fasc. 1, 1878.]

2) TH. RUMPF, Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders. Sonderabdr. aus den Untersuchungen des physiol. Instit. der Univ. Heidelberg, Bd. 2, H. 2, 1878.

3) L. GERLACH, Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser. Tageblatt der 51. Vers. deutscher Naturf. und Aerzte in Kassel, 1878, S. 261.

2) DR. KOCH, Zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser. Tagebl. der 51. Vers. etc., 1878, S. 262.

SCHWANN übergehe, wobei er sich auf die Reaction mit salpetersaurem Silber stützt, durch welche, wie er sagt, niemals eine Schwarzfärbung der Membran stattfinde.

Wenn ich die in letzter Zeit ausgeführten Untersuchungen besprach, welche mit den von EWALD und KÜHNE angestellten in mehr oder weniger direktem Zusammenhange stehen, so konnte ich offenbar nicht die Absicht haben, zu behaupten, dass weiterhin nichts geschehen sei, um die an der Markscheide dunkel gebliebenen Punkte aufzuklären, da es wohl bekannt ist, dass dieses Gebiet im Gegentheil immer zu den am eifrigsten durchforschten gehört hat. Wenn die Beobachter zu verschiedenen, zum Theil einander widersprechenden Resultaten gelangt sind, so hängt dies vorzüglich von fehlerhaften Untersuchungsmethoden ab.

Wenn wir übrigens die histologische Literatur durchgehen, bemerken wir neben den Streitigkeiten über das Vorhandensein oder Fehlen von Theilen, welche zwischen dem Axencylinder und der SCHWANN'schen Scheide liegen, in der Gruppe der Forscher, welche diese Theile annehmen und ihre Existenz zu beweisen gesucht haben, eine verhältnissmässige Uebereinstimmung über einige Punkte, und besonders über eine Scheide, welche den Axencylinder eng umschliesst.

In der That können wir in dem röhrenförmigen Bau, welcher seit REMAK[1]) dem Axencylinder zugeschrieben wird, gewissermaassen einen Ausdruck der Idee finden, dass der Axencylinder eine besondere Scheide besitze.

Auch in der seltsamen, von STILLING[2]) gelieferten Beschreibung des Baues der Nervenfasern, abgesehen von der wunderlichen Auslegung, kann man einige von den Thatsachen von fern angedeutet sehen, welche später mit besserem Urtheil und noch besseren Methoden beschrieben worden sind. — Wie man weiss, beschrieb STILLING nach Chromsäurepräparaten die Marksubstanz und die sie umhüllende Scheide (SCHWANN-sche Scheide, welche er den peripherischen Theil der Faser nannte, als aus einem Netze von feinsten Kanälchen bestehend, welche sich mehrfach theilen und anastomosiren, während der Axencylinder, der centrale Theil, aus wenigstens drei Schichten bestände, von denen jeder eine Menge feiner Kanälchen entspränge, welche mit dem Netze der peripherischen Theile und mit den Kanälchen der anliegenden Fasern communicirten. In den Kanälchen sei dann die Fettsubstanz enthalten, welche die Markscheide charakterisirt.

Es ist überflüssig, zu sagen, dass diese Beschreibung nichts weiter ist, als das Product einer besonderen Art von Gerinnung, von Verdrehungen, Falten, Fettkrystallen, Interferenzerscheinungen u. s. w.; aber wenn man die von STILLING gegebenen Figuren betrachtet, so kann man in ihnen eine entfernte Andeutung der Anordnung erkennen, welche noch in neuester Zeit den verborgenen Theilen der Markscheide zugeschrieben wird. Hierüber genügt es, darauf hinzuweisen, dass selbst EWALD und KÜHNE, um eine morphologische Aehnlichkeit mit der Anordnung der hornigen Schicht zu finden, auf eben diese Figuren von STILLING hingewiesen haben.

Ein wenig von dem die Lehre STILLING's betreffenden verschiedenes Urtheil kann über ROUDANOWSKY[3]) abgegeben werden, welcher in einer Anzahl zu verschiedenen Zeiten publicirter Arbeiten eine Reihe von querlaufenden Fasern oder Kanälchen beschrieb, welche, vom Axencylinder ausgehend, die Mark- und die SCHWANN'sche Scheide durchsetzen, um sich mit den aus den benachbarten Axencylindern hervorkommenden Kanälchen in Verbindung zu setzen. Zugleich erklärte er, der Axencylinder sei röhrenförmig und enthalte eine bewegliche Flüssigkeit, und beschrieb das Myelin als aus Ringen oder concentrischen Kanälchen bestehend, welche mit einander in Verbindung stehen.

Wenn wir zu der Frage von den Scheiden zurückkehren, so wurde die Ansicht REMAK's zuerst nur durch HANNOVER[4]) unterstützt, nicht viel später aber gesellte sich zu ihm MAUTHNER[5]), indem

1) REMAK, Observationes anatomicae et microscopicae de systematis nervosi structura, Berolini 1833. — Ueber den Bau der Nervenfasern und Ganglienzellen. Amtl. Bericht der Naturf.-Vers. in Wiesbaden, 1853.

2) B. STILLING, Ueber den Bau der Nervenprimitivfaser und der Nervenzelle, Frankfurt a. M. 1856. — Neue Untersuchungen über den Bau des Rückenmarks, Kassel 1859.

3) P. ROUDANOWSKY, Observations sur la structure des tissus nerveux d'après une nouvelle méthode. Journ. de l'Anatomie et de la Physiologie, Vol. II, 1865. — Ders., Ueber die Structur der Axencylinder in den Primitivröhren der Spinalnerven. Archiv für path. Anat. und Physiol., Bd. 52, H. 2. — Ders., Ueber den Bau der Wurzeln der Rückenmarksnerven des Rückenmarks und verlängerten Marks der Menschen und einiger höherer Thiere, 1. Lief. — Ders., Structur der Nervenfasern, PFLÜGER's Archiv, Bd. 8. — Ders., De la structure des nerfs spinaux et du tissu nerveux dans les organes centraux de l'homme et de quelques animaux supérieurs, Paris 1875.

4) HANNOVER, Recherches microscopiques sur le système nerveux, Copenhagen 1844.

5) L. MAUTHNER, Beiträge zur näheren Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems. Sitzungsber. der math.-naturw. Classe der K. Akad. d. Wissensch., Bd. 39, 1860, S. 583.

er sie besser erklärte. Nach seiner Bechreibung bestände die Axenfaser aus zwei Cylindern, einer innerhalb des anderen, welche man am besten an Querschnitten mit Karminfärbung wahrnehmen könne. In solchen Präparaten bemerkt man allerdings oft, dass der Axencylinder aus zwei Theilen besteht, einem inneren, welcher sich im Karmin dunkelroth färbt, und einem äusseren, welcher farblos zu bleiben pflegt. Dieser ungefärbte Rand soll nach MAUTHNER die besondere Scheide des Axencylinders darstellen.

Ausserdem beschrieb MAUTHNER das Myelin als aus concentrischen Zonen bestehend.

Statt der Scheide beschrieb KLEBS[1]) einen Raum (Periaxialraum), welcher von einer Flüssigkeit (Periaxialflüssigkeit) eingenommen wird; mit MAUTHNER stimmt dagegen TODARO[2]) überein, indem er entschieden behauptet, der Axencylinder besitze eine eigene Scheide, welche sich bei markhaltigen Fasern zwischen der Markscheide und dem Axencylinder, bei nicht markhaltigen zwischen dieser und der Scheide von SCHWANN befinde. Mit TODARO verband sich TAMANSCHEF[3]), welcher behauptete, der Axencylinder sei mit einer äusserst weichen, dünnen Hülle von Bindegewebsnatur versehen, wie die SCHWANN'sche Scheide, und sie besitze auch elastische Eigenschaften.

Ich übergehe die von Niemand bestätigten Meinungen von LANTERMANN[4]) und M. CARTHY[5]), die Marksubstanz bestehe aus Stäbchen, welche, parallel mit einander angeordnet, von dem Axencylinder nach der SCHWANN'schen Scheide verliefen und die Elementarbestandtheile der ganzen Marksubstanz ausmachten. Unter den neuesten Untersuchungen über den feinren Bau der markhaltigen Nervenfaser sind besonders die von KUHNT[6]) zu erwähnen, welcher nicht nur dem Axencylinder eine mit den Marksegmenten innig verbundene, in Segmente getheilte oder in der Höhe der Einschnürungen des Myelins unterbrochene Scheide zuschrieb, sondern auch annahm, dass überall zwischen zwei Segmenten oder Hohlcylindern eine häutige, schwer isolirbare Scheidewand ausgespannt sei, welche einerseits fest mit der Scheide des Axencylinders, andererseits mit der Innenseite der SCHWANN'schen Scheide zusammenhänge. Er beobachtete ferner, dass wahrscheinlich zwischen jenen Scheidewänden und dieser Scheide keine Verschmelzung stattfinde, weil die beiden Umrisse deutlich unterscheidbar, ja bisweilen bis 7μ von einander entfernt zu sein pflegen.

Im Widerspruch gegen die Ansichten von LANTERMANN, SCHMIDT, KUHNT u. s. w. schweigen AXEL KEY und G. RETZIUS in ihrem grossen Werke über das Nervensystem[7]) nicht nur ganz über die in der Markscheide enthaltenen Theile, sondern sie scheuen sich auch nicht, die Unterbrechungen der Scheide selbst für Kunstproducte zu erklären. Dasselbe that HENNIG[8]), welcher die Unterbrechungen für die Folge einer Neigung zur Theilung erklärte, welche in der Markscheide vorhanden sei.

Endlich muss ich noch erwähnen, dass in neuester Zeit RANVIER[9]), nachdem er alle bis jetzt über das Vorhandensein einer besonderen Scheide des Axencylinders geäusserten Ansichten bekämpft hat, den Ausspruch thut, dieses Organ sei auf seiner ganzen Oberfläche mit einer Protoplasmaschicht bekleidet, welche von der Einwärtsbiegung der zu den Kernen des Neurilemms gehörenden protoplasmatischen Platte herrühre, und zwar auf folgende Weise: Die genannte Protoplasmaschicht, welche die an der Innenseite der SCHWANN'schen Scheide liegenden Kerne umgiebt, kleidet zuerst die Innenseite dieser Membran aus, so dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung gleichsam verdoppelt wird. Wenn sie dann in der Höhe des Endes einer ringförmigen Einschnürung angelangt ist, dreht sie sich um den Rand der Markscheide und biegt sich nach innen zum Axencylinder, bekleidet ihn seiner ganzen Länge nach und schliesst gewissermaassen das Myelin zwischen zwei Protoplasmablättern ein. — Um dann die Bildung der LANTERMANN'schen Einschnürungen zu erklären, nimmt RANVIER an, dass protoplasmatische Verlängerungen oder Septa von der oberflächlichen, protoplasmatischen Platte zu der tiefen, den Axencylinder umgebenden verlaufen. So begreifen wir, dass das Myelin, statt in eine einzige Masse vereinigt zu sein, in viele Cylinder-Kegel getheilt ist, welche ineinander stecken.

---

1) KLEBS, Die Nerven der organischen Muskeln. Medic. Centralblatt 1863. — Archiv für pathol. Anatomie und Physiol., Bd. 32, S. 199.

2) Sulla struttura dei plessi nervosi, Roma 1872.

3) TAMANSCHEF, Ueber Nervenrohr, Axencylinder und Albuminstoffe. Centralbl. für die med. Wiss. 1872, S. 593.

4) Loco citato.

5) MAC CARTHY, Some remarks on spinal ganglia and nerve fibres. Quart. Journ. of Microsc. Sc.

6) J. G. KUHNT, Die peripherische, markhaltige Nervenfaser. Archiv für mikrosk. Anat., Bd. 13, 1876.

7) AXEL KEY und GUSTAV RETZIUS, Studien in der Nervensystemsanatomie.

8) HENNIG, Die Einschnürung und Unterbrechung der Markscheide. Diss. Königsb. 1877.

9) L. RANVIER, Leçons sur l'histologie du système nerveux, Vol. I, pag. 120, 1878.

Diese Darstellung zeigt deutlich, dass die Histologen schon seit langer Zeit geahnt haben, dass in dem zwischen dem Axencylinder und der SCHWANN'schen Scheide gelegenen Raume ausser dem Myelin noch etwas anderes vorhanden sei, welches den Bau der Nervenfasern bedeutend complicirt. Bei aller Verschiedenheit der beschriebenen Thatsachen und bei dem Widerspruche der Meinungen scheint es mir doch, als bemerke man eine gewisse Neigung, dem Axencylinder eine eigene Scheide zuzuschreiben.

Aber es ist wahr, dass keine von den angeführten Meinungen, selbst die über die Axenscheide nicht, als von den Histologen allgemein angenommen gelten kann. Dies wird schon dadurch bewiesen, dass in den histologischen Lehrbüchern kaum einige davon unter den historischen Thatsachen erwähnt werden.

Diese Fortdauer der Dunkelheit über einen so vielfach studirten Gegenstand muss man vor allem der mangelhaften Untersuchungsmethode zuschreiben.

Die Markscheide bietet, wie bekannt, das grösste Hinderniss für die directe Beobachtung der inneren Theile der Nervenfaser. Die Anwendung neuer, vervollkommneter technischer Methoden hatte allerdings die Wirkung, dass wir nach und nach in der Kenntniss der Theile einige Schritte vorwärts gethan haben, oder brachte doch eine verhältnissmässige Uebereinstimmung über ihr wirkliches Vorhandensein zu Stande. Dies war z. B. der Fall mit der Vervollkommnung der Methode zur Entfernung des Myelins (Behandlung der Nervenfaser mit Alkohol und Aether in der Wärme, das Kochen mit Chloroform etc.); aber was die morphologische Frage betrifft, so waren auch diese Methoden nicht hinreichend, um uns vollkommen zum Ziele zu führen. So vorsichtig und zart auch die Behandlung sein mag, so ist es doch fast unmöglich, bedeutende Veränderungen im Ganzen der Fasern zu vermeiden, und wenn es auch gelänge, jede Verschiebung in der Lage der Theile zu verhüten, so ist doch ihre Feinheit so gross, dass es ohne andere, besondere Hülfsmittel durchaus unmöglich sein würde, die feinen Einzelheiten deutlich wahrzunehmen.

Offenbar könnte diese Absicht nur durch solche Methoden erreicht werden, welche entweder das Myelin fortschafften, so dass die von ihm verborgenen Theile ohne weitere Manipulation deutlich würden, oder den letzteren durch chemische Reaction eine dunkle Farbe verschafften, so dass sie trotz dem Myelin direct gesehen werden könnten.

Nachdem ich eine Reihe von Versuchen angestellt hatte, gelang es mir, wenigstens theilweise dies Ziel zu erreichen und zwar auf zwei verschiedenen Wegen, einem directen, auf welchem ich eine kräftige, auf das in der Markscheide enthaltene Stroma oder einen Theil desselben beschränkte Schwarzfärbung erhielt, so dass dieses Stroma direct in seiner Lage und in seinen Beziehungen zu den anderen Theilen der Nervenfaser studirt werden konnte, wobei die Form des Elementes auf das vollkommenste erhalten blieb. Der zweite Weg, der ich den indirecten nennen möchte, sucht zuerst das Myelin zu entfernen, mit Vermeidung jeder schädlichen Behandlung, und durch gelbbraune Färbung die zwischen dem Axencylinder und der Markscheide vorhandenen Theile deutlicher zu machen.

Mit Hülfe dieser Methode gelang es mir, in den Nervenfasern eine besondere Eigenthümlichkeit des Baues deutlich zu machen, welche sich auf die Anordnung des Stützstromas der Markscheide bezieht (Stroma corneum nach EWALD und KÜHNE), und diese Eigenthümlichkeit, welche leicht zu constatiren ist, stelle ich hier als Beitrag zur genauen Kenntniss der feineren Structur der Nervenfaser vor, indem ich ausdrücklich erkläre, dass ich, um zu ihrer vollkommenen Kenntniss zu gelangen, weitere Untersuchungen für nöthig halte.

II.

Da die Thatsachen, welche die in der Markscheide enthaltenen Theile betreffen, mit Einschluss der von den modernsten Histologen beschriebenen, beschuldigt werden, Producte der Präparationsmethode zu sein (coagulirende Wirkung des Alkohols — GERLACH), so halte ich es für nützlich, die Darstellung der Resultate meiner Untersuchungen mit der Beschreibung einer Besonderheit zu beginnen, welche, obgleich sie sich noch auf das äussere Aussehen der markhaltigen Nervenfasern bezieht und sowohl am frischen Material, als nach der Behandlung mit Osmiumsäure, welche im Rufe steht, die Form der Elemente am besten zu erhalten, beobachtet werden kann, doch, wie ich glaube, von anderen Beobachtern noch nicht beschrieben worden ist.

Diese äussere Besonderheit, welche eine theilweise Offenbarung einer zum Theil durch die Markscheide verdeckten histologischen Thatsache ist und zur Enthüllung dieser Thatsache in ihrer Vollständigkeit führen kann,

beweist offenbar, dass dasjenige, was nur durch besondere Mittel zur Erscheinung gebracht werden kann, darum nicht ein Kunstproduct ist; denn solche Mittel dienen nur dazu, den Zusammenhang der äusserlich sichtbaren Theile mit den verdeckten deutlich zu machen und zugleich das Ganze besser hervortreten zu lassen.

Wenn man bei mittlerer Vergrösserung (200—300 Durchm.) ein Präparat von Nervenfasern (Mensch, Hund, Kaninchen) untersucht, welches mit aller bei frischen, zarten Geweben üblichen Sorgfalt zubereitet worden ist (frisch von einem Lebenden, wie bei chirurgischen Operationen, oder von einem eben getödteten Thiere entnommener Nerv — zarte Zerfaserung — indifferente Flüssigkeit) und eine isolirte Nervenfaser unter das Mikroskop bringt, so kann man leicht wahrnehmen, dass längs ihrer Oberfläche in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen und genau den LANTERMANN'schen Einschnürungen entsprechend, eine sehr feine, regelmässige Querstreifung vorhanden ist, welche von einem Rande des optischen Durchschnitts der Faser bis zur andern reicht und nur nach aussen von der SCHWANN'schen Scheide begrenzt wird.

Wenn man zu einer stärkeren Vergrösserung übergeht, die man am besten durch ein gutes Immersionssystem erhält, kann man leicht bemerken, dass die feine Streifung durch eine Reihe von sehr zarten Fasern hervorgebracht wird, welche von einem Rande der anscheinenden Oberfläche der Nervenfaser zu dem anderen übergehen. Diese Querfasern zeigen sich am deutlichsten an den LANTERMANN'schen Einschnürungen; bei der Entfernung von dieser Zone nach beiden Richtungen hin werden sie weniger deutlich und verschwinden bald, so dass gegen die Mitte der einzelnen Marksegmente gewöhnlich keine Fasern mehr wahrnehmbär sind. Ich sage gewöhnlich, nicht beständig; denn nicht selten sieht man die Querfasern sich noch bis zur Mitte der Segmente fortsetzen.

An der mit Osmiumsäure nach den gewöhnlichen Vorschriften behandelten Nervenfasern kann man die hier beschriebene Besonderheit noch etwas deutlicher beobachten, besonders wenn man unter einer etwas weniger brechbaren Flüssigkeit, als Glycerin, beobachtet, wie Wasser oder Chlornatriumlösung. In solchen Präparaten erscheint bei mässiger Vergrösserung die fragliche Besonderheit unter der Gestalt von Querstreifen, an den LANTERMANN'schen Einschnürungen liegend, welche längs dem Verlaufe der durch Osmiumsäure braun gefärbten Fasern durch etwas dunklere Färbung von den Zwischenräumen abstechen. Dass diese Streifen von einem regelmässigen Aggregate von Fibrillen gebildet werden, lässt sich, wie oben gesagt wurde, bei stärkerer Vergrösserung leicht feststellen.

Wenn man bei einigen Präparaten, sowohl frischen als mit Osmiumsäure behandelten, seine Aufmerksamkeit besonders auf die Einschnürungen richtet, so kann man an vielen derselben eine sehr feine Zähnung desjenigen ihrer Ränder bemerken, welcher nach dem Innern der Faser zugewendet ist. Diese Zähnung steht in Beziehung zu dem kreisförmigen Verlaufe der Fasern und findet an der Stelle statt, wo die Fasern, zwischen dem leicht auseinander gespreizten Rande einer Einschnürung verlaufend, in dem optischen Durchschnitt aus der verticalen Stellung in die horizontale übergehen. Es ist unnöthig, zu sagen, dass dieses gezähnte Aussehen, obgleich es seinen Grund in den die Windungen (von denen später die Rede sein wird) bildenden Fasern hat, das Product einer Alteration, und wahrscheinlich die erste Aeusserung einer in den inneren Theilen der Nervenfasern vor sich gehenden Zusammenziehung ist.

Ueber die mit Osmiumsäure hergestellten Präparate von Nervenfasern möchte ich noch im Vorübergehen bemerken, dass die Oberfläche der geschwärzten Markstreifen, welche seitliche Zonen der Fasern selbst bilden, nicht glatt sind, wie sie gewöhnlich dargestellt werden, sondern eine feine, regelmässige Streifung und Punktirung zeigen, welche offenbar in Beziehung zu der Anordnung der in der Markscheide enthaltenen Theile steht. Dieses gestreifte Aussehen der seitlichen Zonen der Nervenfasern ist etwas anderes als die zierliche, netzförmige Zeichnung, von welcher LANTERMANN sprach, und welche in der mittleren Zone der Nervenfasern des Frosches wirklich vorhanden ist, und deren Bedeutung, im Gegensatz zu der seitlichen Streifung, unmöglich angegeben werden kann.

Nachdem ich die Aufmerksamkeit für die regelmässigen Bündel von Querfasern in Anspruch genommen habe, welche sowohl im frischen Zustande als an Osmiumsäurepräparaten sichtbar sind, muss ich den Beweis meiner Behauptung liefern, dass dieser Befund nur ein theilweiser Ausdruck eines besonderen Baues ist, welcher durch die Markscheide zum Theil verdeckt wird.

Dieser Beweis kann auf das genaueste geliefert werden, wenn man die Nervenfasern nach den später anzugebenden Regeln mit zwei Reagentien behandelt: zuerst mit doppeltchromsaurem Kali unter Zusatz von ein wenig Osmiumsäure und dann mit salpetersaurem Silber. Durch diese Behandlung erreicht man eine mehr oder weniger vollständige Schwärzung, welche auf das fragliche Fasersystem beschränkt ist, nicht nur der äusserlich sichtbaren, sondern auch der verdeckten Theile. In Folge dieser Schwärzung, besonders wenn man die auffallende Wirkung einer der gewöhnlich dazu gebrauchten Substanzen hinzufügt, kann man diese Fasersysteme in allen ihren Abwechselungen und Beziehungen untersuchen, und dieses Studium wird durch die vollkommene Erhaltung der Form der Nervenfaser sehr unterstützt.

Die Besonderheit des Baues, welche durch die angegebene Präparationsweise vollständig deutlich gemacht wird, besteht wesentlich darin, dass längs dem ganzen Verlaufe der Nervenfasern in dem zwischen dem Axencylinder und der SCHWANN'schen Scheide begriffenen Raume, in mehr oder weniger regelmässigen Zwischenräumen und genau den Enden der Marksegmente entsprechend, unzählige specielle Stützapparate des Myelins angeordnet sind, welche aus Fäden von äusserster Feinheit bestehen. Diese drehen sich um den Axencylinder in Windungen, verschieben sich, indem sie sich erweitern, ein wenig in der Richtung der Länge der Faser und bilden so conische Spiralen, deren Endwindungen an der Spitze des Kegels den Axencylinder mehr oder weniger eng umschliessen, während die Anfangswindungen an der Basis des Kegels der Innenseite der SCHWANN'schen Scheide anliegen, mit welcher sie verbunden zu sein scheinen.

Eine genauere Prüfung lässt dann erkennen, dass zwischen der Anordnung der Spiralen und den LANTERMANN'schen Einschnürungen eine genaue Beziehung herrscht, man bemerkt nämlich, dass die ersteren gewissermaassen die verengerten Faden der Marksegmente so begrenzen oder bedecken, dass die ersten Windungen, also die Gipfel der Spiralen, während sie mehr oder weniger direct am Axencylinder festsitzen, zugleich die Spitze des dünnen Theils eines Segmentes darstellen. Die auf einander folgenden Erweiterungen der Windungen entsprechen immer der allmählichen Verdickung des Endes des Segments. Der gewöhnliche Befund besteht darin, dass die spiraligen Formen auf die Enden der Cylinderkegel beschränkt sind und diese daher durch Strecken getrennt werden, in welchen die Faser ihr gewöhnliches Aussehen hat; nicht selten jedoch sieht man die Windungen sich längs dem ganzen Körper der Segmente fortsetzen, und bisweilen treffen sie auch zusammen, so dass dann lange Strecken von Fasern entstehen, welche eine regelmässige Aufeinanderfolge von feinen Ringen zeigen. Endlich beobachtet man bisweilen, dass die spiralen Formen auf dieselbe Weise in einander eindringen, wie die Trichter, welche das Skelet der Nervenfasern des Rückenmarks bilden.

Dass die spiralen Formen Zwischenräume zwischen sich lassen, rührt zum Theil von mangelhafter Reaction her, aber es ist jedenfalls gewiss, dass bei den peripherischen Nervenfasern solche Formen in bedeutend geringerer Menge vorhanden sind, als die entsprechenden Apparate, welche in den Nervenfasern des Rückenmarkes vorkommen; in diesen letzteren Elementen dringen nämlich beständig die Trichter um die Hälfte oder zwei Drittheile ihrer Länge in einander ein und bilden so einen ununterbrochenen Kanal.

Ueber die Beziehungen, in welchen die beschriebenen Spiralfasersysteme zu den anderen, festen Theilen der Nervenfasern stehen, glaube ich sagen zu können, dass sie an dem Axencylinder wahrscheinlich nur anliegen, obgleich man oft beobachten kann, dass die Anfangswindungen der Spiralen, in sehr kurzen Zwischenräumen auf einander folgend, um Stücke des Axencylinders eine Art von ringförmiger Hülle bilden. Mit der SCHWANN'schen Scheide dagegen müssen die Beziehungen in vielen Fällen weit inniger sein, ja man empfängt den Eindruck, als flössen die Spiralfasern unmittelbar von ihrer Innenseite aus.

Uebrigens bemerkt man sehr leicht, dass die Spiralfasern äusserst zart sind und dass sie bei jedem Versuch, sie auszuziehen oder sonst zu misshandeln, sich so verschieben und zerbrechen, dass man ihre ursprüngliche Anordnung nicht mehr erkennen kann.

Indem ich endlich noch einmal die Aufmerksamkeit auf die auch an frischen Präperaten sichtbaren Querfibrillen lenke, habe ich zu bemerken, dass die Behandlung mit der Osmiumbichromat-Mischung und dann mit Silberlösung deutlich sehen lässt, dass sie nichts weiter sind, als der weiteste, also oberflächlichste Theil der Spirale, also der unmittelbar unter der SCHWANN'schen Scheide gelegene. Man begreift nun, dass in dem Maasse, wie die Windungen enger werden und sich dem Axencylinder nähern, sie verhältnissmässig mehr von Myelin bedeckt werden und sich der unmittelbaren Untersuchung entziehen.

Eine weitere Bestätigung der mitgetheilten Thatsachen und zugleich ein Mittel, um einige secundäre Besonderheiten näher aufzuklären, bietet die zweite der oben genannten Behandlungsweisen.

Auch in diesen Präparaten kann man die Spiralform, welche den Axencylinder umgiebt und äusserlich durch die SCHWANN'sche Scheide begrenzt wird, deutlich sehen. Bisweilen jedoch, wenn die Schwarzfärbung nicht so scharf auf die Fäden beschränkt ist, wie in den soeben beschriebenen Präparaten, scheinen diese an einander gekittet, und statt deutlicher Spiralformen sieht man häutige, kreisförmige gestreifte Trichter, welche in Zwischenräumen längs den Fasern liegen.

Der Befund hat also viel grössere Aehnlichkeit mit dem, was man im Rückenmarke beobachtet, mit dem Unterschiede, dass in diesem Organe die trichterförmigen Gestalten einander gewöhnlich um die Hälfte ihrer Länge bedecken, bei den peripherischen Fasern aber diese Erscheinung selten auftritt. Dagegen sind die Spiralen häufig so angeordnet, dass sie einander mit der Basis berühren, noch öfter befinden sie sich in einiger Entfernung von einander.

Eine andere Einzelnheit, welche in vielen dieser Präparate deutlich wird, ist die innige Verbindung der Anfangswindungen der Spiralen mit der SCHWANN'schen Scheide.

III.

Methoden. Die erste Methode, welche zwar empirisch, aber darum nicht weniger nützlich ist, besteht in Folgendem.

Einem soeben getödteten Thiere (am besten einem Kaninchen) wird mit der grössten Vorsicht irgend ein Nerv entnommen und sogleich in eine Flüssigkeit von folgender Zusammensetzung eingebracht: Zweiprocentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali 10 Theile, einprocentige Lösung von Osmiumsäure 2 Theile.

Wenn die Festigkeit des Nervenstammes einigermaassen zugenommen hat, was ungefähr nach einer Stunde der Fall ist, zerschneide ich ihn der Länge nach in Stücke von 0,5—1 cm, welche ich sogleich in die Flüssigkeit zurückbringe.

Wenn durch die Wirkung der Osmiumbichromat-Mischung die Nervenstückchen in Stand gesetzt worden sind, auf zweckmässige Weise von dem Silbernitrat beeinflusst zu werden, gehe ich zum zweiten Theile des Verfahrens über, d. h. zur Eintauchung in eine einhalbprocentige Lösung von Silbernitrat. Hier ist zu bemerken, dass das Silber auf die zuerst mit der Osmiumbichromat-Mischung behandelten Fasern etwas verschieden einwirkt, je nach der Dauer der ersten Eintauchung, und ferner, dass die für den histologischen Zweck geeignete Wirkung nur binnen einer gewissen Zeit erfolgt; ausserhalb der Grenzen derselben erhält man kein brauchbares Resultat.

Welches diese Zeitdauer sei, lässt sich nicht genau angeben, doch kann man sie als zwischen 6 und 24 Stunden liegend annehmen. Um also die Resultate möglichst vollständig zu machen, muss man viele Versuche anstellen, d. h. die Stücke ungefähr von 3 zu 3 Stunden in das Nitrat bringen, womit man 4 Stunden nach dem Eintragen in die Mischung anfängt.

Die Dauer des Verweilens im Nitrat darf nicht unter 8 Stunden betragen, kann aber ohne Schaden auf unbestimmte Zeit ausgedehnt werden.

Zur Untersuchung werden die Präparate in Dammarfirniss eingeschlossen, nachdem man sie auf die gewöhnliche Weise behandelt hat (gewöhnlicher Alkohol, absoluter Alkohol, Terpentinöl, Dammar).

Das zweite Verfahren kann in vier Abschnitte eingetheilt werden: 1) Eintauchen in Bichromat. 2) Uebertragung in Silbernitrat. 3) Einlegung des Präparates in Dammar. 4) Besonnung.

Es ist dasselbe Verfahren, welches dazu gedient hat, die trichterförmigen Formen an den Rückenmarksfasern deutlich zu machen, aber mit Abänderungen, welche sich auf die Dauer des Aufenthaltes im Bichromat beziehen.

Während bei den Rückenmarksfasern die Stücke 10—15 Tage und länger im Bichromat bleiben müssen, damit die Reaction stattfinde, so genügen für peripherische Nervenfasern 4—6—8 Stunden bis zu einem oder höchstens 2 Tagen. Während dieser Dauer werden von Zeit zu Zeit Nervenstückchen aus dem Bichromat in das Silbernitrat übertragen. Nach 12—24 Stunden dieser Eintauchung sieht man längs dem Verlaufe der Fasern einen leichten Niederschlag von röthlicher Farbe, bald von Ring-, bald von Manschettenform, bald in grösseren Ausbreitungen, und dieses Präcipitat steht in gröblicher Beziehung mit der Anordnung der Theile der Faser, welche zwischen dem Axencylinder und der SCHWANN'schen Scheide liegt.

Aus dem Silbernitrat kommen die Stücke in Alkohol, in welchem sie eine Art von Auswaschung erleiden müssen, indem man den Alkohol zwei- oder dreimal erneuert, um das salpetersaure Silber fortzuschaffen.

In dem Alkohol können die Stückchen vorsichtig zerzupft werden, dann werden sie durch einen 10—15 Minuten dauernden Aufenthalt in absolutem Alkohol vollständig entwässert, in Terpentinöl durchsichtig gemacht und zuletzt in Dammarfirniss eingeschlossen.

Hierauf muss die Vollendung des Präparats der Zeit und den Sonnenstrahlen überlassen werden. In diesem Zustande nehmen die Fasern in einer Zeit, welche zwischen wenigen Tagen im Sommer und mehreren Wochen im Winter wechseln kann, während der röthliche Niederschlag sich auflöst, zuerst eine diffus strohgelbe Färbung an; dann werden in ihnen nach und nach die Spiralfäden deutlich, und die Umrisse der trichterförmigen Apparate erscheinen mit den oben erwähnten Verschiedenheiten.

Die nach dem ersten Verfahren erhaltenen Präparate bieten den Vortheil, die Spiralen deutlicher und regelmässiger zu zeigen, lassen sich aber im Dammar nicht erhalten. Die der zweiten Art lassen die Spiralen nur schwierig in bedeutender Ausdehnung und Regelmässigkeit erkennen, haben aber den Vortheil, auf unbestimmte Zeit haltbar zu sein, wie die analogen Präparate von Centralnervenfasern.

Centrale Marknervenfasern.

Die gegebene historische Darstellung der einander widersprechenden Resultate, zu welchen die Histologen über die durch die Markscheide verborgenen, um den Axencylinder liegenden Theile gelangt sind, findet zum grossen Theil auch auf diese andere Kategorie von Fasern Anwendung; ja MAUTHNER bezieht die Resultate seiner Untersuchungen ganz besonders auf das Rückenmark, und STILLING wendet seine Lehre ausdrücklich sowohl auf die centralen, als auf die pheripherischen Fasern an. Dasselbe gilt von ROUDANOWSKY.

Die neuesten Arbeiten beziehen sich allerdings ausschliesslich auf die peripherischen Markfasern, aber von diesen sind die von EWALD und KÜHNE und RUMPF auszunehmen, welche das Vorhandensein des Neuro-Keratins sowohl in den pheripherischen Nerven, als in der grauen und weissen Substanz darthun. Also machten sie in Bezug auf die Annahme des Daseins der beiden Hornscheiden keinen Unterschied zwischen den peripherischen und den Rückenmarksfasern, den einzigen centralen, welche sie erwähnen.

Ueber diesen Gegenstand werde ich nur einige ergänzende Beobachtungen zu dem hinzufügen, was in der kürzlich veröffentlichten Arbeit meines Schülers REZZONICO über die Nervenfasern des Rückenmarks gesagt ist. Vor allem möchte ich, was die centralen Markfasern betrifft, die Aufmerksamkeit auf einige Einzelnheiten lenken, welche das äussere Aussehen dieser Elemente betreffen und mit dem, was man an den peripherischen Fasern beobachtet, genau übereinstimmen.

1) Die schiefen Unterbrechungen der Markscheide oder LANTERMANN'schen Einschnürungen. — Sie sind auch an den Nervenfasern des Rückenmarks wahrnehmbar (besonders bei Pferden

und Ochsen), aber viel schwerer als an den peripherischen, und unterscheiden sich von ihnen immer dadurch, dass sie viel schiefer und verhältnissmässig länger sind. Ausserdem pflegen sie weniger deutlich zu sein, ja oft ist es, ohne erkennbare Ursache, unmöglich, sie sichtbar zu machen. Die Schiefheit, die grössere Länge der Einschnürungen der Nervenfasern des Rückenmarks im Vergleich mit den peripherischen hängt von der verlängerten Form der Trichter ab, welche das Stützskelet der Markscheide bilden.

2) Das Erscheinen von Faserbändern, welche in kurzer Entfernung von einander längs dem Verlaufe der Fasern liegen. — Wegen der grossen Schwierigkeit, frische, nervöse Rückenmarksfasern in gutem Zustande isoliren zu können, kann man sagen, dass sie nur an Osmiumpräparaten zu sehen sind, und auch an diesen nur unter gewissen günstigen Umständen, welche es mir noch nicht gelungen ist festzustellen. In der Regel sieht man an frisch mit Osmiumsäure behandelten Rückenmarksfasern längs deren ganzem Verlaufe in der Medianzone eine regelmässige, fortlaufende Querstreifung, durch sehr zarte Fasern hervorgebracht, welche von einem Rande zum anderen laufen.

3) Regelmässige Schrägstreifung der seitlichen Zonen an den mit Osmiumsäure gefärbten Fasern. — Sie wird, wie bei den peripherischen Fasern, durch innerhalb der Markscheide verlaufende, kreisförmige Fasern hervorgebracht.

In Bezug auf die in der Markscheide enthaltenen Theile bildet das Bemerkenwertheste der in der Arbeit von REZZONICO beschriebenen Einzelnheiten die Gegenwart einer ununterbrochenen Reihe von Trichtern von kegelförmiger Gestalt, deren kleinere Oeffnung dieses Organ eng umschliesst, während die weitere auf der äusseren Oberfläche des folgenden Trichters anliegt; dabei dringt der eine in den anderen ungefähr um die Hälfte seiner Länge ein, so dass durch diese Anordnung eine Art von geschlossenem Kanal entsteht, welcher die Markscheide umschliesst und den Axencylinder schützt.

Obgleich kettenartig verbunden, lassen sich doch die Trichter vollständig isoliren, ja mit Leichtigkeit verschieben und in dem Gesichtsfelde des Mikroskops frei erhalten. In diesem Falle erscheinen sie bei einer Vergrösserung von 400 Durchmessern deutlich der Breite nach gestreift, und diese Streifen stellen die Verbindungslinien einer sehr dünnen, bandförmigen Faser dar, welche sich spiralförmig aufwindet, und da die Windungen fest aneinander hängen, so bildet sie den ganzen Trichter.

Zu der Zeit der Veröffentlichung der Arbeit REZZONICO's fehlte noch die Kenntniss der Einzelnheiten über die peripherischen Fasern, welche den Hauptinhalt der vorliegenden Arbeit bilden; man stellte in Bezug auf die Trichter die Hypothese auf, sie stellten etwas Aehnliches dar, wie das Netz, welches TIZZONI den peripherischen Fasern zuschreibt. Meine neuen Befunde über die letzteren erlauben mir natürlich eine andere, richtigere Ansicht auszusprechen. Die dort beschriebenen Trichterformen sind keine charakteristischen Eigenthümlichkeit der Nervenfasern des Rückenmarkes, sondern finden ihr genaues Gegenstück in den peripherischen Fasern. Allerdings ist die Aehnlichkeit nicht vollkommen, denn die Trichterformen in den peripherischen Fasern sind nicht so zahlreich und in zusammenhängende Reihe geordnet, wie im Rückenmarke, sondern pflegen in einiger Entfernung von einander zu liegen, und ihr Bau ist weniger dicht, daher die spiralförmige Anordnung der Fasern viel deutlicher.

Diesem Unterschiede kann man einen Werth zur Erkenntniss der Bedeutung der eben beschriebenen histologischen Eigenthümlichkeit nicht abstreiten. Und hier glaube ich eine andere Frage aufwerfen zu müssen: Wie es bekannt ist und wohl von den Histologen allgemein angenommen wird, besteht der auffallendste Unterschied zwischen den nervösen Centralfasern und den peripherischen Nerven darin, dass den ersteren die SCHWANN'sche Scheide fehlt, und ebenso bekannt ist es, dass man, um die Möglichkeit zu erklären, dass eine flüssige Substanz, wie das Myelin um den Axencylinder, an seiner Stelle bleiben kann, in den Nervencentren verschiedene Eigenthümlichkeiten des Baues angenommen hat. So schreibt GERLACH die Verrichtung des Zusammenhaltens des Marks und des Schutzes des Axencylinders einem elastischen Netze zu, welches nach ihm in dem Grundstroma des Rückenmarks vorhanden ist; SCHULTZE theilte dieselbe Function der von ihm sogenannten schwammigen, netzförmigen Bindesubstanz zu. Viele Andere haben das Fehlen der SCHWANN-schen Scheide festgestellt, ohne nachzusuchen, ob etwas anderes da ist, um sie zu vertreten.

Die jetzt bekannte Eigenthümlichkeit des Vorhandenseins einer ununterbrochenen Kette von Trichtern, welche gewissermaassen einen geschlossenen Kanal um den Axencylinder bilden, lässt begreifen, warum zur

Zusammenhaltung des Myelins in den Centralnervenfasern die SCHWANN'sche Scheide nicht nöthig ist, indem offenbar diejenige Function, welche an den peripherischen Fasern durch diese Membran ausgeübt wird, in den Centralnervenfasern den Trichtern zufällt, welche eben zu diesem Zweck so angeordnet zu sein scheinen, dass sie einen geschlossenen Kanal bilden, während an den peripherischen Fasern die den Trichtern entsprechenden Vorrichtungen häufiger in Abständen von einander stehen.

Die beschriebene Anordnung der Spiralapparate lässt also leicht begreifen, wie sie die Längsverschiebungen des Myelins verhindern können. Ueber diesen Gegenstand muss ich noch eine andere Einzelnheit hinzufügen, dass nämlich in den Nervenfasern des Rückenmarks das durch die Trichterspiralen gebildete Skelet äusserlich durch mehrere sehr zarte Fäserchen verstärkt wird, welche der äusseren Oberfläche der Nervenfasern eng anliegen, so dass sie gewissermaassen die SCHWANN'sche Scheide vertreten.

Nach Vollendung der Beschreibung meiner Befunde scheint es mir zweckmässig, auf sie einen Blick zurückzuwerfen mit Berücksichtigung der von anderen Beobachtern beschriebenen Eigenthümlichkeiten.

Vor Allem habe ich in Bezug auf den Streit über das Vorhandensein einer speciellen, periaxialen Scheide, über welche ich unter den Beobachtern eine relative Uebereinstimmung zu bemerken meinte, zu erklären, dass ich ihre Existenz in den Centralnervenfasern entschieden leugnen zu können glaube, für die peripherischen Fasern aber noch nicht das gleiche Recht erworben zu haben meine. In Bezug auf die ersteren schliesse ich einerseits das Vorhandensein einer wirklichen, periaxialen Scheide aus, andererseits bemerke ich, dass die Gegenwart der sich gegenseitig bis zur Hälfte ihrer Länge bedeckenden Trichter uns die Ansicht derjenigen erklärt, welche die Existenz einer doppelten Scheide behauptet haben. Es handelt sich um einen einfachen Anschein, welcher sich leicht erklärt, wenn man sich den Querschnitt durch zwei oder drei Röhren vorstellt, welche in einander liegen. — Dieselbe Erscheinung liefert uns eine leichte Erklärung der Anordnung der Markscheide in concentrischen Schichten, welche man an Querschnitten zu beobachten pflegt und auf welche mehrere Histologen, zuerst MAUTHNER, die Aufmerksamkeit speciell gelenkt haben.

Was die peripherischen Fasern betrifft, so halte ich die von der periaxialen Scheide gegebenen Beschreibungen nicht für hinreichend, um ihr Vorhandensein mit Sicherheit annehmen zu können, ich glaube im Gegentheil behaupten zu können, dass die beschriebenen Befunde nicht als Beweis dienen können, sondern sich durch die Kenntniss der von mir beschriebenen Einzelnheiten erklären lassen. Man kann nicht leugnen, dass der Axencylinder an Querschnitten oft von einem Kreise, ja von zweien und mehreren umgeben erscheint, wenn die Schnitte nicht sehr fein sind, aber diese Kreise zeigen nicht die Querschnitte einer feinen Membran an, wie man geglaubt hat, sondern sind nichts anderes, als die Endwindungen der Spiralen.

Was die Befunde an im Durchschnitt gesehenen Fasern betrifft, so begreift man, dass bisweilen die Trichter oder Spiralen, da sie einander bedecken, unter gewissen Umständen den Anschein einer doppelten, den Axencylinder umgebenden Scheide darbieten können.

Nach allem diesen erkläre ich nochmals, dass ich, um das Vorhandensein anderer Hüllen oder Stütz- oder Schutzmittel ausser den von den Spiralen oder Trichtern gebildeten leugnen oder annehmen zu können, fernere Untersuchungen für nothwendig halte.

Es ist ferner offenbar, dass die Resultate dieser Untersuchungen mich zwingen, das von TIZZONI beschriebene periaxile Netz zu leugnen. Ich weiss sehr wohl, dass man durch Behandlung der Nervenfasern mit kochendem Chloroform, welches das Myelin mehr oder weniger vollständig auflöst, in der That den Anschein eines Netzes erhält, wie das von TIZZONI beschriebene, aber diesen Anschein muss ich zum Theil dem unvollständigen Sichtbarwerden der Ringe der Spiralen, besonders der tiefsten, dem Axencylinder zunächst liegenden, zum Theil den Verschiebungen, Zerreissungen und Verkrüppelungen eben dieser Ringe zuschreiben. Das Erscheinen von regelmässigen Querfaserbündeln, welche ich sowohl an frischen, als an den mit Osmiumsäure behandelten Nervenfasern nachgewiesen habe, scheint mir als weiterer Beweis der hier vorgebrachten Ansicht gelten zu können.

Eine von den Thatsachen dieses Berichtes scheint mir besondere Aufmerksamkeit zu verdienen; nämlich der Zusammenhang zwischen der Anordnung der in der Markscheide verborgenen Fasern und den Unterbrechungen derselben oder den LANTERMANN'schen Einschnürungen. Diese Beziehung besteht sowohl bei den peripherischen als bei den centralen Fasern, ja man kann sagen, die Theilung der Markscheide werde durch die besondere Anordnung der Fasern hervorgebracht und unterhalten, welche in der Scheide

selbst enthalten sind. Diese in trichterförmige Spiralen angeordneten Fasern verhindern bei den peripherischen Fasern die Verschiebung des Myelins nur in der Längsrichtung, bei den Centralfasern sowohl in der Längs- als in der Querrichtung.

Zuletzt habe ich noch zu bemerken, dass der beschriebene Bau der peripherischen und centralen Markfasern auch darum nicht ohne Interesse ist, weil er uns eine Erklärung des besonderen, wohlbekannten Aussehens des Myelins bietet, wenn es bei frischen Zerzupfungspräparaten in der umgebenden Flüssigkeit frei geworden ist. Die Anordnung zu Kugeln mit concentrischen Schichten und die sonstigen seltsamen Gestaltungen des Myelins muss man wahrscheinlich dem Umstande zuschreiben, dass in diesen Kugeln, gleichsam ihr Skelet bildend, die beschriebenen Fäden enthalten sind, welche wahrscheinlich in Folge ihrer Elasticität verschiedene Gestaltungen zeigen, aber immer mit Vorwiegen die der concentrischen Anordnung. Wenn man die Figuren betrachtet, welche die verschiedenen Formen darstellen, unter welchen die Trichtergestalten der Nervenfasern des Rückenmarks aufzutreten pflegen, so kann man, glaube ich, nicht umhin, zwischen ihnen und den bekannten Myelinkugeln frischer Präparate eine Analogie zu finden.

No. VII.

Ueber den Bau der Nervenfasern des Rückenmarks.

Von

Giulio Rezzonico,

Studirendem an der Universität Pavia.

Hierzu Tafel 4, II.

I.

Man kann sagen, dass die modernen Histologen darin übereinstimmen, den Mangel der SCHWANN'schen Scheide an den Centralnervenfasern anzunehmen und diesen Mangel für den auffallendsten Unterschied zwischen ihnen und den peripherischen Fasern zu erklären.

Da man jedoch, wenn dieser Unterschied vorhanden ist, nicht erklären könnte, wie eine flüssige Substanz, wie das Myelin, um den Axencylinder an ihrer Stelle bleiben könnte, so haben ebendiese Histologen nachgeforscht, ob zum Ersatz der SCHWANN'schen Scheide in den centralen Marknervenfasern irgend eine besondere Eigenthümlichkeit des Baues vorhanden sei.

Die Resultate der angestellten Untersuchungen waren verschiedenartig und widerspruchsvoll. Ueber diesen Gegenstand eine vollständige Uebersicht geben zu wollen, würde zu langwierig und ausserdem überflüssig sein; daher glaube ich sie weglassen zu dürfen und will nur zum Beweis der grossen Meinungsverschiedenheit einige der vorgebrachten Ansichten anführen.

Mit Uebergehung der von STILLING, von JACUBOWITSCH und neuerlich auch von RUDANOWSKY beschriebenen Einzelnheiten finden wir, dass z. B. GERLACH [1]) die Function, die Markscheide zusammenzuhalten und den Axencylinder zu schützen, einem elastischen Netze zutheilt, welches nach seiner Ansicht in dem Grundstroma des Rückenmarks vorhanden ist, dass SCHULTZE [2]) dieselbe Function dem zuweist, was er die schwammige, netzförmige Bindegewebs-Grundsubstanz nennt, und dass viele Andere das Fehlen der SCHWANN-schen Scheide constatiren, ohne zu untersuchen, ob ein Ersatz für dieselbe vorhanden ist.

In Folge dieser Widersprüche und bei dem bestehenden Mangel unserer Kenntnisse über die Histologie der Centralnervenfasern, welcher um so auffallender ist, wenn man die vielen wichtigen Entdeckungen betrachtet, welche in neuerer Zeit über die Histologie der peripherischen Nervenfasern gemacht worden sind, nahm ich gern den Rath des Prof. GOLGI an, auf diesem Gebiete unter seiner Leitung neue, genaue Untersuchungen anzustellen.

II.

Da die Darlegung der Thatsachen, welche ich beschreiben werde, zum grossen Theile von einem neuen Imprägnationsprocesse abhängt, welchen man als eine secundäre Reaction durch die combinirte Wirkung des

1) J. GERLACH, Von dem Rückenmark, S. 665 in dem Handbuch der Lehre von den Geweben von S. STRICKER, Leipzig 1871.

2) MAX SCHULTZE, Allgemeines über die Structurelemente des Nervensystems, im Handbuch von STRICKER, S. 108.

doppeltchromsauren Kalis und des salpetersauren Silbers (Golgi) betrachten kann, so muss ich meiner Darstellung einige technische Einzelnheiten vorausschicken.

Bei der Untersuchung einiger Stücke vom Rückenmark des Ochsen, welche nach langem Liegen im Bichromat in eine 0,75-procentige Silbernitratlösung gebracht worden waren, um in ihnen die von Prof. Golgi entdeckte Schwarzfärbung zu erhalten, beobachtete ich, dass in ebendiesen Stücken ausser der gewöhnlichen Färbung der Bindegewebszellen und Gefässe noch eine besondere den Nervenfasern eigenthümliche Färbung vorhanden war (Fig. 1 a).

Diese erschienen nämlich in ihrem Verlauf durch eine Reihe von querlaufenden Ringen bezeichnet, theils fadenförmig, theils ziemlich breit, so dass sie im letzteren Falle weniger Ringen, als Manschetten ähnlich sind, welche die ganze Dicke der Faser umfassen. Ringe oder Manschetten sind gelbbraun gefärbt, in regelmässigen Zwischenräumen angeordnet, zeigen bisweilen scharfe, gewöhnlich aber unbestimmte, wie verwischte Ränder an der Oberfläche der Fasern, welche an diesen Stellen leicht eingeschnürt erscheinen.

Die Theile der Fasern, welche zwischen je zwei Manschetten oder je zwei Ringen liegen, erscheinen weiss und sind mit zahlreichen von innen nach aussen laufenden Linien bezeichnet, welche sich oft an die Ringe oder Manschetten anzusetzen scheinen, aber ohne dass dadurch ihre Bedeutung erklärt wird.

Da die Ringe und Manschetten längs dem Verlaufe der markhaltenden Nervenfasern regelmässig und beständig an allen Stücken auftraten, welche auf dieselbe Weise behandelt worden waren, musste ich mir natürlich die Frage nach ihrer Bedeutung vorlegen, ob sie nämlich das Resultat einer wirklichen Reaction, welche mit dem Bau der Faser in Beziehung stände, oder ein zufälliger Niederschlag seien.

Ich will sogleich sagen, dass die Regelmässigkeit der Reaction, ihre regelmässige Wiederholung, jedesmal wenn die Stücke während der richtigen Zeit der Einwirkung der Reagentien ausgesetzt gewesen waren, ausserdem der Umstand, dass die Erscheinung der Ringe und Manschetten selbst mit noch etwas grösserer Regelmässigkeit eintrat, wenn die Stücke mit Osmiumsäure (Fig. 1 *b*), Bichromat und Silbernitrat behandelt wurden, mich der ersten dieser Vermuthungen geneigt machten, obgleich ich mit Hülfe der bisherigen Kenntnisse über den Bau der Nervenfasern nicht begriff, von welcher anatomischen Thatsache die Reaction hervorgebracht sein konnte. — Hierüber will ich noch hinzufügen, dass ich bei der Wiederholung dieser Versuche Präparate erhalten hatte, an denen die Reaction nicht genau localisirt war, sondern sich auf längere Strecken der Faser ausdehnte, und ich es daher für möglich halten musste, dass die Ringe und Manschetten nur eine theilweise Sichtbarwerdung einer Art von umhüllender Scheide darstellten, welche wegen ihrer äussersten Dünnheit nicht überall sichtbar gemacht werden könnte. — Da mir übrigens auch die hier angedeutete Erklärung nicht genügen konnte, fuhr ich fort, verschiedene Mittel zu versuchen, um zum Verständniss der gefundenen Thatsachen zu gelangen, als meine eigenen Präparate (wie gewöhnlich in Dammarfirniss aufbewahrt), welche ich zum Studium der Ringe und Manschetten angefertigt hatte, in Folge einer neuen, von selbst in ihnen eingetretenen Phase der Reaction mir Alles erklärten und mich zugleich eine neue, wichtige Eigenthümlichkeit des Baues der markhaltigen Fasern kennen lehrten.

Die neue Phase der Reaction, welche in meinen Präparaten eingetreten war, bestand in einer stellenweise strohgelben, stellenweise gelbbraunen Färbung, welche im Allgemeinen über alle Fragmente ausgedehnt war, aber an den einzelnen Fasern einige Theile besonders betraf, welche, dadurch deutlicher geworden, der Nervenfaser das besondere Aussehen gaben, welches hier beschrieben werden soll. Ehe ich diese Beschreibung gebe, will ich noch bemerken, dass die neue Färbung als Wirkung der Diffusion derjenigen Substanz auftrat, welche, auf die Fasern niedergeschlagen, die oben beschriebenen Ringe und Manschetten hervorbrachte, welche in Folge davon verhältnissmässig verblichen und zum Theil verschwunden waren; auch muss ich in Beziehung auf ebendiese Reaction bemerken, dass ich in der Folge viele diesen fast zufällig erhaltenen gleiche Präparate mit Leichtigkeit auf methodische Weise zubereiten konnte, indem ich andere Stücke vom Rückenmarke auf dieselbe Art behandelte. Ja die diffuse Färbung gelang nicht nur, wenn die regelmässigen Ringe und Manschetten vorhanden waren, sondern auch wenn anderswo in dem Nervengewebe ein ähnlicher Niederschlag stattgefunden hatte.

Wenn man also das Nervengewebe in den so erhaltenen Präparaten untersucht (15—20—30 Tage nach der Einschliessung in Dammar), so erscheinen die Marknervenfasern gewissermaassen aus einer Kette von kegelförmigen Trichtern zu bestehen, mit äusserst dünnen Wänden, und mit einem Drittel oder Viertel ihrer

Länge in einander steckend, innerhalb deren der Axencylinder frei durchgeht. Anders ausgedrückt, erscheint der Axencylinder mit einer Reihe von conischen Trichtern umkleidet, von denen jeder den auf ihn folgenden auf ein Drittel oder Viertel seiner Länge bedeckt, dessen engere Oeffnung den Axencylinder eng umschliesst, während die weitere sich an die Aussenseite des folgenden Trichters anlegt. Der grösste Dickendurchmesser der Trichter entspricht dabei dem Querdurchmesser der Nervenfaser, während der kleinere die Dicke des Axencylinders ein wenig übertrifft (Fig. 2 und 3). Uebrigens haben die Trichterformen, wie ich später zeigen werde, eine gewisse Individualität und lassen sich isoliren.

An dieser Stelle der Beschreibung angekommen, könnte man mich fragen, welche Beziehungen zwischen den zuerst beschriebenen Ringen und Manschetten und den nachher geschilderten Befunden besteht.

Auf diese Frage glaube ich ohne weiteres antworten zu können, dass die beschriebenen Ringe und Manschetten als eine theilweise (durch ungleiche Einwirkung des Reagens bewirkte) Erscheinung einer Eigenthümlichkeit des Baues der Nervenfaser zu betrachten sind. Diese Eigenthümlichkeit besteht in dem Vorhandensein eines zusammenhängenden Skelets von mit einander verbundenen, in die Markscheide eingeschlossenen Trichtern, welche gewöhnlich wegen der starken Brechbarkeit dieser Scheide nicht wahrnehmbar sind, in meinen Präparaten aber durch die Wirkung der neuen Imprägnationsmethode sichtbar geworden waren, welche vorzugsweise die Elemente beeinflusst hatte, aus welchen, wie ich weiterhin sagen werde, die Trichter gebildet sind.

III.

Ich habe oben gesagt, dass die Trichter eine gewisse Individualität besitzen und isolirbar sind. Dazu will ich hinzufügen, dass sie nicht nur isolirbar sind, sondern auch ihre Verbindung unter einander ziemlich gering ist, denn mit geringer Mühe kann man sie durch Zerzupfung in grosser Menge frei auf dem Gesichtsfelde des Mikroskopes erhalten.

Wenn wir mit Benutzung dieses Verfahrens den Bau der Cylinder bei mittlerer und starker Vergrösserung genauer untersuchen, so kann man schon bei ersterer bemerken, dass sie in der Breitenrichtung eine sehr regelmässige Streifung zeigen, hervorgebracht durch die Abwechselung heller und strohgelber oder gelbgrauer Linien. Bei starker Vergrösserung sieht man dann, dass die Wand des Trichters nicht aus einer zusammenhängenden Substanz besteht, sondern aus der Aneinanderlegung zahlreicher, sehr dünner, fadenförmiger Ringe. Ich kann nicht mit Sicherheit behaupten, dass dies der wirkliche Bau der Trichter sei, ich muss dagegen bemerken, dass die Structur der Trichter vielleicht am besten gekennzeichnet würde, wenn man sie als ganz aus einem sehr dünnen, bandförmigen, spiralig aufgerollten Faden bestehend darstellte, dessen Windungen sehr fest an einander hängen und immer enger werden, so dass die Trichtergestalt entsteht.

Zur Stärkung der Ansicht, dass die Trichter aus spiralförmig aufgerollten Fasern bestehen, sind vorzüglich solche Präparate geeignet, in denen man in Folge mechanischer Zerreissung viele von ihnen ausser Zusammenhang und zerbrochen findet. In solchen Fällen sieht man nicht selten von den Rändern des Trichters Stücke von Fasern sich ablösen, bisweilen gelingt es sogar, denselben Faden durch mehrere Windungen der Spirale zu verfolgen.

Die hier vorgebrachten Einzelnheiten kann man besser, als aus der genauesten Beschreibung, aus dem Anblick der Zeichnungen a, b, c, d, f in Fig. 4 entnehmen, welche genau nach der Natur angefertigt sind.

IV.

Was die Bedeutung der bis jetzt im Allgemeinen beschriebenen Trichterform betrifft, so beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass die Kenntniss der neueren, wichtigen Untersuchungen über das Nervengewebe, angestellt von Ewald und Kühne [1]), von Tizzoni [2]), von Rumpf [3]) und Anderen, mich sogleich ver-

1) Ewald und Kühne, Die Verdauung als histologische Methode etc., Heidelberg 1877.
2) Tizzoni, Sulla patologia dell' tessuto nervoso. Arch. per le Sc. med., Vol. III, 1878.
3) Th. Rumpf, Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders. Untersuch. des Physiol. Instituts der Univ. Heidelberg, 1878.

muthen liess, dass diese Trichterbildung, während sie die SCHWANN'sche Scheide vertritt, zu gleicher Zeit etwas Aehnliches darstellen möge, wie die hornigen Scheiden (EWALD und KÜHNE, RUMPF), oder das Netz von horniger Natur (TIZZONI), welche von den genannten Autoren an den Fasern der peripherischen Nerven beschrieben worden sind. Einige von mir gemachte Beobachtungen, ob eine solche Analogie wirklich bestehe, werden jene Annahme begründen.

In der That haben die Fäden, welche die Trichterform bilden, dieselbe Brechbarkeit, wie das Netz der peripherischen Fasern, sie lösen sich, im Gegensatz zu den Fettstoffen, weder im Alkohol, noch im Aether, noch im Chloroform, noch in reinem Benzin; sie widerstehen der Einwirkung der Essig- und Chlorwasserstoffsäure und vierprozentiger Aetzkalilösung.

Ich bemerke endlich noch, dass ich die beschriebene Eigenthümlichkeit des Baues der Nervenfasern des Rückenmarks bei allen von mir untersuchten Thieren gefunden habe, nämlich bei Kaninchen, Hunden, Katzen, Pferden, Ochsen, und beim Menschen.

V.

Obgleich die für diese Untersuchungen passendste Präparationsmethode schon aus dem ohen Gesagten hervorgeht, so halte ich es doch für nützlich, darüber noch einige weitere Erklärungen hinzuzufügen.

Das Wesentliche an der Methode besteht in der combinirten Einwirkung des doppeltchromsauren Kalis und des salpetersauren Silbers, und man muss vor allem die Regeln befolgen, welche Prof. GOLGI über dieses Verfahren gegeben hat, und die ich kurz zusammenfasse, wie folgt:

1) Einlegung der ganz frischen Rückenmarkstückchen in eine zweiprocentige Bichromatlösung auf eine von der äusseren Temperatur abhängende Zeit. Im Sommer können 1 bis 2 Wochen genügen, im Winter ungefähr 1 Monat.

2) Uebertragung dieser Stückchen nach Abwaschung in eine Silbernitratlösung von 0,75 Prc. Auch in dieser Lösung wechselt die nöthige Immersionsdauer je nach der Temperatur. Im Sommer ist nach 2, höchstens 3 Tagen die Reaction in der ganzen Dicke des Stückes vollständig; im Winter sind dazu 8—10 Tage nöthig.

Nach dieser Behandlung geht man ohne weiteres an die Zubereitung der in Dammar aufzubewahrenden Präparate, und zwar folgendermaassen:

Durch Zerfaserung in der Richtung des Verlaufs der Fasern, oder mit Hülfe des Rasirmessers trägt man von den so vorbereiteten Stücken sehr kleine Bruchstücke von Nervengewebe ab, welche 10—15 Minuten lang zuerst in gewöhnlichen, dann in absoluten Alkohol gebracht werden, um ihnen alles Wasser zu entziehen. Darauf kommen sie sogleich in ein Uhrglas, welches einige Tropfen Terpentinöl enthält, und hier schreitet man, während sie sich aufhellen, zu einer zarten, genauen Zerfaserung. Die so erhaltenen feinen Fädchen werden zuletzt in einem Tropfen Dammarfirniss auf einen Objectträger gebracht und mit einem Deckgläschen eingeschlossen. Das Verfahren ist jetzt vollständig, was die Handarbeit betrifft, aber in den so erhaltenen Präparaten darf man nicht erwarten, mehr zu sehen, als was in Fig. 1 a dargestellt ist, nämlich bloss die Ringe und Manschetten; die weiteren Veränderungen, durch welche die Trichterformen zum Vorschein kommen, sind lediglich ein Werk der Zeit.

Wenn die Präparate ganz sich selbst überlassen bleiben, so ist eine Zeit von 20—30—40 Tagen nöthig, um die durch das Gelbwerden angezeigte, secundäre, diffuse Imprägnation hervorzubringen (bei deren Fortschreiten allmählich die Trichter erscheinen, isolirt oder mehr oder weniger in Reihen um den Axencylinder geordnet); man kann aber dasselbe Resultat viel schneller erreichen (in 8—10 Tagen), wenn man die Präparate der Sonne aussetzt.

Ich habe oben bemerkt, dass ich mich auch der Osmiumsäure bedient, habe und auch angegeben, dass, wenn in den Präparaten ausser obigen beiden Reagentien auch dieses eingewirkt hatte, das erste Auftreten der Ringe feiner und regelmässiger wurde (Fig. 1 b). Ich füge hier nur hinzu, dass die Osmiumsäure nach den gewöhnlichen Vorschriften angewendet werden muss, wenn man ihr charakteristische Wirkung auf frische Nervenfasern erhalten will; was ihr Anwendungsweise betrifft, so thut man wohl, sich an die interstitiellen

Einspritzungen in die dem eben getödteten Thiere entnommenen Markstücke zu halten. Wenn man dieses Reagens anwenden will, so ist es gut, zu wissen, dass die darauf folgende Eintauchung in Bichromat stark abgekürzt werden muss; schon nach 4—6—8 Tagen des Aufenthaltes in dieser Flüssigkeit haben die Stücke die nöthigen Veränderungen erfahren, um sie dem Einflusse des Silbernitrats aussetzen zu können.

Eine letzte Bemerkung:

Die hier angegebenen Präparationsmethoden sind allerdings diejenigen, welche die beschriebene Eigenthümlichkeit des Baues am besten zur Erscheinung zu bringen vermögen, aber sie sind nicht die einzigen. Dieselben Thatsachen können auch an Präparaten erhalten werden, welche auf ganz gewöhnliche Weise behandelt wurden, wie Färbung mit Karmin, Anilin, Hämatoxylin u. s. w.

Bei Vergleichung der Versuche mit verschiedenen Farbstoffen habe ich gefunden, dass die Lösung von Karmin mit Borax nach der Vorschrift von GRENACHER [1]) einige Vorzüge besitzt.

Es versteht sich von selbst, dass auch die mit Farbstoffen behandelten Präparate, um das Myelin zu lösen und seine starke Brechbarkeit zu neutralisiren, mit Terpentinöl oder Kollodion behandelt und in Dammarfirniss oder Kanadabalsam eingeschlossen werden müssen.

Bei alledem steht es fest, dass der Werth dieser anderen Präparationsmethoden sehr beschränkt ist, und sie können fast nur als Controle oder Bestätigung dienen, wenn man schon die erste Methode angewendet hat.

Zum Schlusse dieser Arbeit will ich noch kurz die Resultate meiner Untersuchungen zusammenfassen:

1) In den nervösen Markfasern des Rückenmarks und wahrscheinlich allen Theilen des Centralnervensystems besteht, zum Ersatz der SCHWANN'schen Scheide, um das Myelin zusammenzuhalten und den Axencylinder zu schützen, um diesen herum eine regelmässige Reihe conischer Trichter, welche in einander eindringen, aber ziemlich leicht isolirbar sind; deren kleinere Oeffnung den Axencylinder eng umschliesst, während die weitere auf der Aussenseite des folgenden Trichters anliegt.

2) Diese Trichter haben einen fibrillären Bau und bestehen wahrscheinlich aus einer einzigen Fibrille von grosser Feinheit, spiralförmig aufgerollt, mit fest an einander haftenden Windungen.

3) Wenn man die physisch-chemischen Charaktere in Betracht zieht, so muss man diese Trichter als Repräsentanten des hornigen Netzes oder der Hornscheiden betrachten, welche in den Markfasern der peripherischen Nerven in dieser Scheide verborgen liegen.

4) Endlich ist die beschriebene Eigenthümlichkeit des Baues nicht nur für sich selbt wichtig, sondern auch darum interessant, weil sie einige von anderen Beobachtern beschriebene Befunde erklärt, so z. B. die Anordnung der Markscheide in concentrischen Schichten, welche man an Querschnitten beobachtet, und die von einigen Histologen besonders beobachtet worden ist; sie erklärt auch, wenigstens zum Theil, die Beschreibung besonderer neuer Scheiden, welche von einigen Histologen, besonders von MAUTHNER [2]) dem Axencylinder zugeschrieben werden.

Bemerkung des Prof. GOLGI, die peripherischen Nervenfasern betreffend.

Vorläufig theile ich mit, dass ich durch neue Untersuchungen habe darthun können, dass in den Markfasern der peripherischen Nerven eine Eigenthümlichkeit des Baues besteht, welche der von meinem Schüler

1) Archiv für mikrosk. Anatomie, 1879.

2) MAUTHNER, Beiträge zur Kenntniss der morphologischen Elemente des Nervensystems. Sitzungsber. der K. Akad. der Wissensch. in Wien, Bd. 39.

Rezzonico für die Rückenmarksnerven gefundenen und gezeichneten analog ist. — Die Darstellung dieser neuen Befunde wird im nächsten Hefte dieses Archivs (Archivio per le scienze mediche) erfolgen, für jetzt beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass es sich um zahlreiche Fäden von äusserster Feinheit handelt, welche den Axencylinder umgeben. Ihre Windungen vergrössern sich, während sie sich in der Richtung der Länge der Faser verschieben, und so bilden sie Spiralen von conischer Form, deren Endwindungen (an der Spitze des Kegels) den Axencylinder mehr oder weniger eng umschliessen, während die Anfangswindungen (an der Basis des Kegels) der Innenseite der Schwann'schen Scheide anliegen, mit welcher sie in Verbindung zu stehen scheinen.

Die Vertheilung der Spiralfäden entspricht genau den Lantermann'schen Einschnürungen, ja die Grenze des zwischen zwei solchen Einschnürungen liegenden Marksegments wird ausnahmslos durch eine Spirale bezeichnet. Das gleiche Zusammentreffen, was die Vertheilung der Trichter betrifft, bemerkt man an den Nervenfasern des Rückenmarks.

No. VIII.

Ueber die feinere Anatomie der Centralorgane des Nervensystems.

Von

Camillo Golgi,

Professor der allgem. Pathologie und Histologie an der Universität Pavia.

(1885.)

Mit 24 Tafeln.

> **Die Hauptaufgabe der modernen Anatomie der Nervencentra besteht darin, die Beantwortung der dringendsten Fragen der Physiologie möglich zu machen.**

Niemals ist es so auffallend gewesen, wie in unserer Zeit, welche auf dem Gebiete der Physiologie des Nervensystems so bedeutende Fortschritte zu verzeichnen hat, dass vom Gesichtspunkte der Beziehungen der Anatomie zur Physiologie die Untersuchungen über das Centralnervensystem mit allem, was über andere Organe und Systeme bekannt geworden ist, in Widerspruch stehen.

Während man im Allgemeinen dreist behaupten kann, dass die auf den anatomischen Bau der Organe, Gewebe und Elemente sich beziehenden Untersuchungen der Entdeckung der Gesetze, nach welchen Organe, Gewebe und Elemente functioniren, den Weg bereitet haben, so findet beim Studium des Nervensystems das Gegentheil statt: die Anatomie war und ist noch jetzt gezwungen, die Richtung ihrer Untersuchungen von physiologischen Thatsachen abhängig zu machen und ihre Schlüsse auf dieselben zu stützen.

Die mikroskopische Anatomie hat allerdings in letzter Zeit viel Boden erobert, aber die Physiologie ist ihr immer noch weit voraus, ja die erstere ist noch nicht im Stande, die wichtigsten und einfachsten Fragen der letzteren zu beantworten. So kann z. B. die Physiologie mit Gewissheit sagen, dass den verschiedenen Gehirntheilen verschiedene Functionen zukommen, aber die Anatomie weiss nicht nur für diese Unterschiede keinen Grund anzugeben, sondern kann nicht einmal sagen, ob die verschiedene Function verschiedener Hirngegenden von Unterschieden der Form oder des Baues der diese Gegenden bildenden Elemente abhängt. Für die Physiologie ist es nicht zweifelhaft, dass zwischen den verschiedenen Functionen der Nervencentra innige Beziehungen bestehen: hat bis jetzt die Anatomie sagen können, auf welchen Wegen, durch welchen Mechanismus diese Verbindungen zu Stande kommen? Auch über diesen Punkt musste die Anatomie bis jetzt eine verneinende Antwort geben.

Diese Mangelhaftigkeit unserer anatomischen Kenntnisse über die Centralorgane des Nervensystems könnte man sicher nicht einem Mangel an Studien zuschreiben, im Gegentheil gehörte dieses Gebiet während der letzten Decennien zu den am fleissigsten und nicht ohne einigen guten Erfolg bearbeiteten; aber man muss doch bekennen, dass das Endresultat der vielen, gethanen Arbeit noch fast alle Fragen unbeantwortet

lässt, welche auf dem Gebiete der feineren Anatomie des Centralnervensystems seit zehn Jahren umstritten werden.

Von dem Wunsche erfüllt, den sichergestellten physiologischen Gesetzen anatomische Thatsachen gegenüberstellen zu können, haben es die Specialforscher der Nervencentra nicht verstanden, sich mit sicher festgestellten Thatsachen zu begnügen, sondern haben oft versucht, aus der einzelnen Beobachtung allgemeine Gesetze abzuleiten. So geschah es häufig, dass in der Anatomie des Nervensystems die Schemata an die Stelle der strengen Beschreibungen der Formen und Verhältnisse traten, wie sie wirklich beobachtet werden; und diese Schemata, wenn auch vielleicht wahrscheinlich und mit den Lehren der Physiologie einigermaassen übereinstimmend, lösen sich doch bei strenger Prüfung in ebenso viele anatomische Hypothesen auf. Hier sind einige Beispiele.

Was den elementaren Bau und die Morphologie der Centralorgane betrifft, so sind heute die Ideen von Gerlach, Schultze, Boll und auch von Meynert allgemein als unbestreitbar anerkannt; und doch besteht das Wesentliche derselben, wie es meine Aufgabe sein wird, in dieser Arbeit nachzuweisen, nur aus einer Reihe anatomischer Hypothesen, welche nicht aufhören würden, solche zu sein, auch wenn sie wirklich eine genügende Erklärung für sicherstehende physiologische Thatsachen abgäben.

Ueber die Richtung und die Beziehungen der Nervenbündel, über die gegenseitigen Verhältnisse zwischen den einzelnen Elementen, zwischen den verschiedenen Provinzen, zwischen den verschiedenen Zonen der einzelnen Provinzen sehen wir noch immer die Behauptungen von Luys, Meynert, Huguenin u. A. als Gesetze angenommen; wer sich aber die Mühe nimmt, irgend eine der Hirnprovinzen, deren histologischer Bau von diesen Beobachtern mit so viel Klarheit beschrieben worden ist, genau zu untersuchen, der wird sicher die Bemerkung machen, dass die Thatsachen ihren Behauptungen nicht entsprechen, dass sie willkürliche schematische Darstellungen gegeben haben, um einer Theorie genug zu thun.

Die Beschreibung, welche ich versuchen werde von einigen der Hirnprovinzen zu geben, wird mir die Gelegenheit bieten, auch diese zweite Behauptung zu beweisen.

Man begreift leicht, dass ein solches Verfahren, die Resultate der Beobachtung theoretisch zu vervollständigen, schon dadurch schädlich gewirkt haben muss, dass junge Beobachter, welche das Nervensystem studiren wollten, da sie auch über die dunkelsten Punkte entschiedene, durch angesehene Namen unterstützte Ansichten vorfanden, davon abgehalten wurden, den Gegenstand durch neue Untersuchungen aufzuhellen, oder den blossen Anschein als Beweis der von jenen Beobachtern aufgestellten Lehren annahmen. Auf die Weise wurden Ungenauigkeiten, Irrthümer, blosse Hypothesen und schematische Beschreibungen von Schule zu Schule, von Buch zu Buch als unbestreitbare Wahrheiten übertragen.

Aber man muss auch anerkennen, dass die geringe Zahl der in der feineren Anatomie der Nervencentra gemachten Eroberungen zum grossen Theil auch der bedeutenden Schwierigkeit zuzuschreiben ist, welche von der Complication und äussersten Zartheit der Gewebe, zum Theil von dem Mangel an passenden Untersuchungsmitteln verursacht wird.

Die Methoden, mit deren Hülfe in der neueren Periode der anatomischen Studien auf dem Gebiete des feineren Baues der Organe und Gewebe im Allgemeinen so viele Eroberungen zu Stande gebracht wurden, haben in den Händen geduldiger Forscher, was das Nervensystem betrifft, immerhin bemerkenswerthe Früchte gezeitigt, die aber doch weit davon entfernt sind, mit dem noch Unbekannten vergleichbar zu sein.

Um die durch die gewöhnlichen Mittel erreichte Grenze überschreiten zu können, schien es mir durchaus nöthig, zur Eröffnung neuer Wege auch besondere Mittel anzuwenden, welche dem eigenartigen, complicirten Baue dieser Organe entsprächen. Als ich mich daher der anatomischen Untersuchung des Centralnervensystems widmete, war es eine meiner ersten Sorgen, neue Methoden aufzusuchen, welche besser, als die bisher bekannten, im Stande wären, mich das Feld der Untersuchung erweitern und einen neuen Gesichtspunkt über den Bau der fraglichen Organe finden zu lassen.

Meine Versuche waren nicht unfruchtbar, denn es gelang mir, Mittel zu finden, welche an Feinheit und Genauigkeit der Resultate alle bis in die neueste Zeit von den Anatomen angewendeten weit hinter sich zurücklassen [1]).

1) Die Beschreibung der verschiedenen Methoden, deren ich mich bedient habe, findet sich in einem Anhange.

Mit Hülfe dieser neuen Methoden, ohne doch die bisher bekannten zu vernachlässigen, habe ich die Kenntnisse bedeutend erweitern, einige Punkte autklären, mehrere Irrthümer nachweisen können, und im vorliegenden Buche beabsichtige ich, einen Theil dieser meiner Resultate bekannt zu machen.

Im Vergleich mit dem Umfange des noch Unbekannten ist freilich mein Beitrag zur feineren Anatomie des Nervensystems von geringer Bedeutung, aber er ist darum werthvoll, weil er nur unbestreitbar sichere Thatsachen bringt. Jede der in der Arbeit enthaltenen Einzelheiten, jeder Strich der erläuternden Abbildungen ist von meiner Seite der Gegenstand der sorgfältigsten Erwägung gewesen; alles vermag ich durch Präparate auf das klarste zu beweisen.

Bei dieser Arbeit habe ich mit besonderer Mühe dafür gesorgt, dass die Abbildungen genau der Wahrheit entsprechen, und da ich in Hinsicht der Feinheit und Klarheit der Einzelnheiten der Kunst kein Zugeständniss gemacht habe, so können diese nicht nur als Beweis für die Güte der von mir angewandten Methoden, sondern zugleich als Documente oder Vergleichspunkte für diejenigen dienen, welche ähnliche Untersuchungen unternehmen möchten, um unsere Kenntnisse zu erweitern oder das Vorhandene zu controliren.

Unter den auf die allgemeine Anatomie des Nervensystems bezüglichen Problemen, deren Lösung für die Physiologie von besonderem Interesse ist, schienen mir folgende am meisten neuer Untersuchungen zu bedürfen:

1) Das allgemeine Problem über die Art, wie im Gehirn die Nervenfasern mit den Ganglienzellen in Verbindung treten.

2) Eine genaue Morphologie der Zellen, welche in ihren centralen Beziehungen zu den einzelnen Regionen des Gehirns zu studiren ist, d. h. eine Untersuchung, ob der Verschiedenheit der Functionen der einzelnen Regionen der nervösen Organe eine Verschiedenheit der Zellenformen entspricht, und worin dieser etwaige Unterschied besteht.

3) Das Problem der Anordnung und der wechselseitigen Beziehungen der Elemente in den einzelnen Theilen.

4) Endlich das des Verlaufs der Nervenbündel und ihrer Beziehungen zu den verschiedenen Gruppen von Ganglienzellen.

Es ist unnöthig, zu sagen, dass alle diese Probleme für jede einzelne Provinz, ja für jede Zone, in welche man die Centralnervenorgane einzutheilen pflegt, aufgestellt werden könnten. Es wäre in der That eine Aufgabe, deren Lösung die Anatomen der Jetztzeit unternehmen könnten, jede Zone Punkt für Punkt mit den verschiedenen Untersuchungsmethoden, neuen und alten, genau zu durchforschen, um für jede einzelne Region die Lösung der oben angegebenen Probleme zu finden.

Natürlich würde es sich darum handeln, zuerst eine einfache Arbeit der geduldigen Analyse, der Sammlung und Anordnung des Materials zu unternehmen, mit Zeichnungen belegt, welche mit stcrupulöser Genauigkeit die Gestalt, Grösse und die Verhältnisse der verschiedenen constituirenden Theile darstellten, und nur aus der Gesammtheit des so geordneten Materials würde man im Stande sein, begründete Schlüsse zu ziehen.

Aber ein solches Unternehmen würde nicht einen, sondern viele Forscher Jahre lang beschäftigen und Mittel erfordern, über welche wenige verfügen können.

Obgleich ich also nicht hoffen konnte, allein diese ganze Arbeit auszuführen, so konnte ich es doch, indem ich mich mit Geduld und Beharrlichkeit eine nicht kurze Reihe von Jahren, wie ich gethan habe, diesen Untersuchungen hingab, unternehmen, wenigstens die Hauptlinien anzugeben und einen Weg zu bahnen, welchem man gewiss mit Nutzen wird folgen können.

Dies war mein Ziel, und ich werde glauben, es erreicht zu haben, wenn es mir gelungen ist, einen, wenn auch nur kleinen, Theil der obigen Probleme zu lösen, aber noch mehr, wenn ich durch Verbreitung der Bekanntschaft mit den Untersuchungsmethoden, durch Bekanntmachung der bemerkenswerthen Resultate, welche ich durch diese Methoden erhalten und abgebildet habe, und durch Hinzufügung einiger Fragen, welche ohne Zweifel mit denselben Mitteln in kurzem werden beantwortet werden können, in Anderen die Lust erwecken kann, die Untersuchungen in meinem Sinne zu wiederholen und fortzusetzen.

I.

Vorläufige Bemerkungen über den morphologischen Bau und die gegenseitigen Beziehungen der Ganglienzellen.

Die erste Frage, welche aufgeworfen wird, wenn man von einem allgemeinen Gesichtspunkte aus das Studium der Centralnervenzellen unternimmt, ist die, ob dieselben so bestimmte Eigenschaften besitzen, dass man sie von anderen Elementen unterscheiden kann, welche ihnen im Aussehen gleichen.

Die vorläufige Behandlung dieses Punktes wird nicht überflüssig erscheinen, wenn man bedenkt, dass noch in neuerer Zeit ein Beobachter[1]) behauptet hat, es bestehe kein absoluter Unterschied zwischen den Nervenzellen und den Bindegewebszellen, welche das Grundstroma der grauen Substanz bilden, ja man finde Uebergangsformen von den einen zu den anderen. Ausserdem ist es bekannt, dass auch die bewährtesten Histologen, unter anderen GERLACH, BOLL, DEITERS, einigen Arten von Ganglienzellen den einzigen Charakter absprechen, um dessentwillen man ihnen nervöse Natur zuschreiben kann.

Auf die aufgeworfene Frage kann man antworten, dass die Nervenzellen im Allgemeinen nach ihrer Gestalt, durch das besondere Aussehen des Zellkörpers und des Kernes, durch die Art, wie die Fortsätze entspringen, sowie auch durch das Aussehen und die Verzweigungsart der letzteren, endlich durch eine besondere Gesammterscheinung von einem erfahrenen Beobachter von anderen Zellenelementen unterschieden werden können, dass aber keiner der angegebenen Charakter als absolut gelten kann, und dies wird dadurch bewiesen, dass man, wenn man sich bloss auf die angegebenen Kennzeichen stützt, nicht selten in Zweifel sein wird, ob ein gegebenes Zellenelement von bindegewebiger oder nervöser Natur ist. Auch ist bekannt, dass es nicht wenige Elemente giebt, über welche die Urtheile der Histologen einander widersprechen, wie z. B. die zahlreichen Nervenzellen der gelatinösen Substanz ROLANDO's, und die sogenannten Körnchen des Kleinhirns, welche von Vielen zur Bindegewebssubstanz gerechnet worden sind und noch werden, obgleich sie nervöser Natur sind.

Und doch giebt es eine absolut charakteristische Eigenschaft, mittelst deren eine Zelle mit Sicherheit für nervös erklärt werden kann, und diese besteht in dem Vorhandensein eines (einzigen) Fortsatzes von speciellem, von dem aller anderen abweichenden Aussehen, durch welchen die directe Verbindung mit den Nervenfasern bewirkt wird. Dieser Charakter kann jedoch nur mit Hülfe besonderer Reactionen so deutlich gemacht werden, dass man ihn leicht wahrnehmen kann.

Wenn man also eine genaue Definition der Nervenzelle geben will, so kann man sagen: als solche können nur *diejenigen betrachtet werden, welche mit einem speciellen (immer einzigen), von allen anderen verschiedenen Fortsatze versehen sind, welcher bestimmt ist, mit den Nervenfasern in Verbindung zu treten.*

Beschreibung der Centralnervenzellen.

Die Nervenzellen zeigen sich uns als Körper, deren Gestalt und Grösse je nach den Provinzen, denen sie angehören, bedeutend wechselt. Welche Veränderungen der Gestalt und welche Unterschiede der Grösse in den einzelnen Hirntheilen vorkommen, wird bei der speciellen Untersuchung der verschiedenen Regionen gesagt werden, mit denen ich mich hier beschäftigen werde.

Ich will hier nur im Allgemeinen angeben, dass man der Form nach pyramidale, unregelmässig polygonale, kuglige, birnförmige, elliptische, spindelförmige und unregelmässige Zellen unterscheidet. Was die Grösse betrifft, so schwanken die Ganglienzellen zwischen sehr weiten Grenzen, ja kein normales Gewebe unseres Organismus zeigt in Betreff der Grösse seiner Zellenelemente so bedeutende Abweichungen. Die grössten Nervenzellen kann man sogar mit blossem Auge als kleine Punkte erkennen. Wenn man alle Arten von Centralnervenzellen in Betracht zieht, kann man sagen, dass ihr Durchmesser von 10—12—15—100—150

1) BUTZE, Studien über den feineren Bau der Grosshirnrinde. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. 3, 1872.

200 μ schwankt. Wir finden vorwiegend Typen von bedeutendem Durchmesser besonders in den Vorderhörnern des Rückenmarks, in dem verlängerten Marke und im Nucleus dentatus des Kleinhirns; die Beispiele von Nervenzellen kleinsten Durchmessers liefern uns dagegen die sogenannten Körnchen des Kleinhirns (welche wohlcharakterisirte Nervenzellen sind), die die graue Schicht, welche die Fascia dentata des grossen Pes hippocampi bildet, und die gelatinöse Schicht von ROLANDO an den Hinterhörnern des Rückenmarks bevölkernden Zellen.

An den hier besprochenen Elementen unterscheidet man einen Körper und Fortsätze.

Der Zellkörper zeigt uns etwas verschiedene Beschaffenheit, je nachdem man ihn frisch oder nach Einwirkung der gewöhnlichen, härtenden Reagentien untersucht. Frisch hat er ein vollkommen helles, durchscheinendes Aussehen, und auch mit den stärksten Vergrösserungen erkennt man in ihm nichts, als sehr feine Körnchen. Wenn man die Nervenzellen mit verschiedenen Reagentien behandelt (Jodserum, verdünnte Chrom- oder Osmiumsäurelösung), bemerkt man an dem Körper eine sehr feine Streifung, parallel mit der Oberfläche und concentrisch mit dem Kerne; die einzelnen Streifen werden durch eine sehr schmale Schicht feinkörniger Substanz von einander getrennt.

Der Kern der Nervenzellen ist in der Regel ziemlich gross; sein Durchmesser pflegt 2—8 μ zu betragen.

In einer frischen Zelle beobachtet, zeigt er sich hell, durchscheinend, mit doppeltem Umriss und macht den Eindruck eines kugligen Bläschens. Die Thatsache, dass die im Kerne enthaltenen Körnchen sich bisweilen in oscillatorischer (moleculärer) Bewegung befinden, lässt schliessen, dass das anscheinende Bläschen eine Flüssigkeit enthält. Sehr selten findet man Zellen mit zwei Kernen; die beobachteten Fälle muss man als Hemmungsbildungen der Zelle auffassen. Der Segmentationsprocess, welcher immer im Kerne beginnt, scheint sich bisweilen auf diesen zu beschränken, ohne sich auf den Zellkörper fortzusetzen, und dieser Zustand könnte stationär werden. Nach der Ansicht Einiger könnte dagegen der doppelte Kern zum Beweis dienen, dass in der ausgewachsenen Nervenzelle die Bildungsthätigkeit (Zellenvermehrung) fortbesteht. Ich halte die erste Erklärung für wahrscheinlicher.

Der Kern pflegt einen verhältnissmässig grossen, glänzenden, leicht mit Karmin zu färbenden Nucleolus zu enthalten, in welchem oft ein kleines Körnchen (Nucleololus) sichtbar ist. Gegen Säuren pflegt der Kern der Nervenzellen viel weniger widerstandsfähig zu sein, als die Kerne anderer Elemente.

In dem grössten Theile der Nervenzellen liegen nahe am Kerne, zwischen diesem und der Zellwand Körnchen von gelbbraunem Pigment. Diese normale Pigmentirung erscheint mehr oder weniger deutlich je nach dem Alter und der Gegend, welcher die Ganglienzellen angehören. Kaum angedeutet findet sie sich bei jungen Leuten, stärker bei Erwachsenen, noch stärker bei Greisen. In einigen Gegenden handelt es sich nicht um wenige, in der Nähe des Kerns liegende Körnchen, sondern um grosse Haufen, welche den ganzen Zellkörper ausfüllen und selbst den Kern verbergen können. So starke Pigmentirung zeigt sich z. B. in den Nervenzellen der grauen Substanz der Hirnstiele und des verlängerten Markes, und eben dem gelblichen oder braunen Farbstoffe in den Nervenzellen muss man die auffallende Färbung zuschreiben, welche jenen Schichten den Namen der schwarzen Substanz verschafft hat (Substantia nigra, Locus niger, nach SÖMMERING).

Man hat Untersuchungen über die Substanz angestellt, welche den Körper der Nervenzellen bildet. Man schrieb ihr zuerst protoplasmatische Natur zu, in Folge der Ansicht, welche man über die Zellen im Allgemeinen hatte. Bekanntlich wurde diese Meinung zuerst von SCHULTZE bekämpft, welcher als Protoplasma nur die weiche, homogene, feinkörnige, contractile Substanz betrachtet wissen wollte, welche die embryonalen und die jugendlichen Zellen des erwachsenen Organismus umgiebt.

Gegenwärtig nimmt man an, dass der grösste Theil des Zellkörpers, ebenso wie der contractilen Substanz der Muskelfasern, der Hornsubstanz der Epithelien, aus einer secundären Bildung, oder aus einer Modification des ursprünglichen Protoplasmas bestehe, und betrachtet als echtes Protoplasma nur jenen Centraltheil der Zelle, welcher in der Nähe des Kernes liegt und heller, weicher und feinkörniger erscheint.

In Bezug auf diese Frage möge man sich jedoch erinnern, dass mehrere Histologen, auf eigene, directe Beobachtungen gestützt, die protoplasmatische Natur des ganzen Körpers der Nervenzellen behauptet haben. So behauptete WALLER schon im Jahre 1868, die Ganglienzellen hätten in ziemlich beschränktem Maasse die Fähigkeit, amöboide Bewegungen auszuführen, und wollte diese Beobachtung an Ganglienzellen aus dem Ge-

hirne des Frosches gemacht haben. In neuerer Zeit glaubten RECKLINGHAUSEN und POPOFF mit dieser angeblichen Contractilität die Thatsache in Zusammenhang bringen zu können, dass nach Einspritzung von chinesischer Tusche unter die Meningen oder in die Hirnsubstanz eines lebenden Thieres nach einiger Zeit die Nervenzellen mit schwarzen Körnchen beladen sind. Da es nun bewiesen ist, dass das Eindringen von Fremdkörpern in junge Zellen durch die Contractilität des Protoplasmas bewirkt wird, so hielten RECKLINGHAUSEN und POPOFF die Annahme nicht für unbegründet, dass vollkommen entwickelte Ganglienzellen einen gewissen Grad von Zusammenziehbarkeit bewahren.

Trotz der Behauptung WALLER's und der von RECKLINGHAUSEN und POPOFF angeführten Thatsache nimmt man jetzt an, der Hauptbestandtheil der die Nervenzellen bildenden Substanz sei von nicht protoplasmatischer Natur und darum auch von ganz verschiedenem Bau.

Was den Bau der die Nervenzellen bildenden Substanz betrifft, so dreht sich der Streit jetzt um die Meinung von MAX SCHULTZE [1]), nach dessen Ansicht der charakteristische Bau dieser Elemente faserig oder körnig-faserig ist. Gegen diese Ansicht erheben sich andere Histologen, welche den faserigen Bau leugnen und die fraglichen Zellen als einfach aus homogener oder körniger Substanz gebildet betrachten.

Der faserige Bau der Nervenzellen wurde schon von REMAK im Jahre 1853 erwähnt und dann auch von zahlreichen anderen Beobachtern, worunter BEALE, FROMMANN und KOELLIKER, angedeutet, aber es blieb bei vereinzelten Angaben. Aber anders wurde es nach der Veröffentlichung der Beobachtungen SCHULTZE's, welcher bei der genauen Untersuchung der grossen Nervenzellen im Gehirn von Torpedo sich von der entschieden faserigen Natur der fraglichen Elemente überzeugte, und zwar nicht nur des Zellkörpers selbst, sondern auch seiner Fortsätze. Nach seiner Beschreibung kann man den Faserbau auf das deutlichste bei Isolirung im frischen Zustande in Serum wahrnehmen; am schärfsten tritt sie in der Nähe der Zellrinde hervor, ist aber auch in den inneren Theilen deutlich, deutlicher an jungen, als an alten Subjecten. Es handelt sich übrigens nicht um einen ganz reinen Faserbau; bei aufmerksamer Beobachtung bemerkt man zwischen den Fibrillen eine feinkörnige Substanz, welche ein gelbbraunes Pigment enthält und oft auch in die Fortsätze übergeht. Der Kern ist von bedeutender Menge einer rein körnigen Substanz umgeben, durch welche er von den Faserchen vollkommen getrennt wird, mit denen er nicht in Verbindung steht.

Der Verlauf der Fibrillen innerhalb der Zelle ist nach SCHULTZE sehr complicirt. Man sieht sie aus jedem Fortsatze heraustreten und sich in der Substanz der Zelle ausbreiten, wobei sie sich aber, wegen der äussersten Verwickelung des entstehenden Fasergeflechts und des Dazwischentretens der interfibrillären, körnigen Substanz, bald der Beobachtung entziehen. Es könnte gewissermaassen scheinen, als ob jeder der zahlreichen Fortsätze die vielen Fibrillen, welche ihn bilden, aus denen der Zellsubstanz an sich zöge, so dass man den Eindruck empfängt, als ob die ganze Fasermasse nur durch die Zelle durchginge.

Nach SCHULTZE besitzt also die Ganglienzelle, von welcher der Axencylinder für eine Nervenfaser ausgeht, die Bedeutung eines Ursprungsorgans dieses Axencylinders nur in dem Sinne, dass die ihn bildenden Fasern zu ihm auf dem Wege der sogenannten protoplasmatischen Fortsätze gelangen.

Aber die Fasern, welche man die Substanz der Ganglienzellen durchsetzen sieht, haben ihren Ursprung nach SCHULTZE eigentlich nicht in der Zelle, sondern erleiden in ihr nur eine Veränderung, welche sich auf die Bildung des Axencylinder-Fortsatzes und auf den Uebergang in andere protoplasmatische Fortsätze bezieht. Ferner müsste man ebenfalls nach SCHULTZE annehmen, »in dem Gehirn und Rückenmark finde sich durchaus keine wirkliche Endigung (oder ein Anfang) der Fasern, und alle Fasern gingen von der Peripherie aus und durchzögen nur die Ganglienzellen«, so dass diese nur Durchgangspunkte für die Nervenwege abgäben.

Fortsätze der Nervenzellen. Der Körper der Nervenzellen hat keinen scharf beschränkten Umriss, sondern setzt sich, wie gesagt wurde, in eine grössere oder geringere Zahl von Verlängerungen, oder Fortsätzen fort.

---

1) M. SCHULTZE, Vorrede zu dem Werke von DEITERS, 1865. — Observationes de structura cellularum fibrarumque nervearum [Bonner Universitätsprogramm], August 1868. — Allgemeines über die Structurelemente des Nervensystems, in STRICKER's Handbuch der Lehre von den Geweben, 1871, S. 108—136.

Nach der Zahl der Fortsätze hat man multipolare, bipolare, tri- und quadripolare, aber auch apolare unterschieden, welche keine Fortsätze haben. Es ist fast unnöthig, zu sagen, dass die Varietät der apolaren Zellen ohne weiteres ausgeschlossen werden kann; offenbar hatten die unter diesem Namen beschriebenen ihre Fortsätze durch die Behandlung verloren. Auch die monopolaren Zellen könnten ausgeschlossen werden, denn es ist immer mehr als ein Fortsatz vorhanden.

Wenn man von der physiologischen Annahme absieht, nach welcher alle nervösen Centralzellen monopolar sein müssten, weil es immer ein einziger Fortsatz ist, welcher der centripetalen und centrifugalen Leitung dient, so kann man im Allgemeinen sagen, die Nervenzellen seien multipolar, mit 3—4—5 Fortsätzen versehen; aber man trifft auch solche an, welche ihrer 10—15—20 und noch mehr besitzen.

Auch die bipolaren Zellen, welche man in Zerzupfungspräparaten ziemlich häufig antrifft, kann man im Allgemeinen als verlängerte, spindelförmige Zellen betrachten, deren Verzweigungen in bedeutender Entfernung von dem mittleren Theile des Zellkörpers vor sich gehen.

Wie gross auch die Zahl der Fortsätze sei, so besitzt doch einer von ihnen, immer nur einer, besondere Eigenschaften, an denen man ihn von allen anderen unterscheiden kann. Dieser Fortsatz ist derjenige, welcher seit Deiters als Axencylinderfortsatz oder Nervenfaserfortsatz bezeichnet zu werden pflegt; eine von dem soeben genannten Histologen gewählte Benennung, weil er es für eine feststehende Regel hielt, dass derselbe direct in den Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser übergehe.

Aus anderen Gründen, welche aus späteren Erörterungen folgen werden, und vorzüglich deswegen, weil wir es für sicher halten, dass aus keinem anderen Fortsatze der Ganglienzellen, ausser aus diesem, Nervenfasern entspringen, glaube ich, dass man zur Bezeichnung dieses Fortsatzes den einfacheren Namen »nervöser Fortsatz« vorziehen solle.

Die anderen Fortsätze werden wir fortfahren, mit dem von Deiters eingeführten Namen »protoplasmatische Fortsätze« zu nennen, obgleich diese Bezeichnung nicht ganz richtig ist, denn es fehlen in ihnen, ebenso, wie im Zellkörper die Charaktere des echten Protoplasmas.

Hierbei bemerke ich, dass Schultze die Ungenauigkeit des Namens »Protoplasmafortsätze« bemerklich machte, und da derselbe keine Unterscheidung von dem Axencylinderfortsatze enthält, welcher ebenfalls ein directer Ausfluss des Zellkörpers ist, so wollte er an seiner Stelle »verzweigte Fortsätze« sagen. Diese Benennung würde nach seiner Meinung einen scharfen Unterschied von dem Axencylinderfortsatze hervorheben, von welchem er mit Deiters und den meisten Histologen glaubte, dass er beständig einfach sei.

Da dieser Grund, auf welchen Schultze den meisten Werth legt, jetzt keine Bedeutung mehr hat, denn wir wissen, dass wenigstens bei dem grössten Theile der Ganglienzellen auch der nervöse Fortsatz nicht einfach ist, sondern sich vielfach verzweigt, so glaube ich nicht, dass jene beiden Benennungen ihrer Genauigkeit wegen einen Vorzug verdienen.

Ich füge noch hinzu, dass der Ausdruck »protoplasmatisch«, auch durch langen Gebrauch berechtigt, jene Fortsätze am besten charakterisirt, denn jedenfalls bezeichnet er ihre wesentlichste Eigenschaft, dass niemals Nervenfasern aus ihnen entspringen, während sie, wie ich weiterhin sagen werde, sehr wahrscheinlich die Ernährungswege der Ganglienzellen darstellen.

Protoplasmatische Fortsätze. Die Zahl dieser Fortsätze kann von 3—4 bis zu 15—20 wechseln; ihre Beschaffenheit ist dieselbe, wie die des Zellkörpers, das heisst sie sind in der Längsrichtung fein gestreift. Diese Streifung wäre nach Schultze, wie bei dem Zellkörper, der Ausdruck ihres faserigen Baues. Er hält die in ihnen auftretenden Fibrillen für directe Fortsetzung der den Zellkörper bildenden also für nervöse Primitivfasern.

Die protoplasmatischen Fortsätze verzweigen sich schon in der Nähe ihres Ursprungs gabelförmig und werden bei der weiteren Theilung immer dünner.

Die wichtigste Frage in Betreff dieser Fortsätze bezieht sich auf ihre endliche Bestimmung.

Die Meinung, welche früher am meisten Geltung hatte und bei Vielen vielleicht noch hat, besteht darin, dass die Fortsätze nach mehr oder weniger kurzem Verlauf sich unter einander verbinden oder anastomosiren und eine complicirte Verkettung bilden. Diese Verkettung wurde um so lieber angenommen, als sie eine leichte Erklärung der functionellen Beziehungen erlaubte, welche offenbar zwischen den verschiedenen Systemen von Nervenfasern bestehen. Besonders für die Reflexerscheinungen schien es fast durchaus

nothwendig, die complicirten Nervenanastomosen anzunehmen, ja sie waren schon von vorn herein angenommen, ehe die Histologen sich damit beschäftigten, durch genaue Untersuchungen ihr wirkliches Vorhandensein nachzuweisen.

Unter dem Einflusse dieser vorgefassten Idee schien es zu einer Zeit, wo man kaum anfing, die Untersuchungsmethoden des Nervensystems einigermaassen zu verfeinern, ausserordentlich leicht, die vermutheten Verbindungen durch die Beobachtung nachzuweisen, und in der That beschrieben sie die Histologen und Physiologen jener Zeit als allgemeine Thatsache und bildeten sie auch ab. Offenbar glaubte man jedesmal eine Anastomose wahrzunehmen, wenn man zwei Fortsätze von Nervenzellen auf einander zulaufen und sich dann berühren sah.

Unter den Anatomen und Physiologen, welche behaupteten, die Anastomosen in Menge gesehen zu haben, und auch Abbildungen davon lieferten, nenne ich SCHRÖDER VAN DER KOLK, LENHOSSEK, MAUTHNER, JAKUBOWITZ, FUNKE etc.

Aber denjenigen Histologen, welche sich nicht mit dem Anschein begnügten, sondern mit feineren Mitteln, besonders durch geduldige Zerzupfung die angeblichen Anastomosen untersuchten, erschienen dieselben nicht nur nicht mehr so sicher, sondern nach und nach, bei zunehmender Genauigkeit, fing man an, die Thatsache zu bezweifeln, und dann, sie zu leugnen.

Wenn man das über diesen Gegenstand Veröffentlichte durchsieht, kann man bemerken, dass man schon seit längerer Zeit angefangen hat, die angeblichen Anastomosen zu bezweifeln und selbst ganz abzuleugnen.

Der Gegenstand ist so wichtig, dass es mir nicht überflüssig scheint, wenn ich anführe, wie sich hierüber die bewährtesten Beobachter ausgesprochen haben.

DEITERS z. B. erklärt in Bezug auf die Anastomosen, dass er trotz vielen Hunderten von ihm an Schnitt- und Zerzupfungspräparaten gemachten Beobachtungen nicht im Stande gewesen sei, einen einzigen Fall von Anastomose festzustellen, und daher zu der Annahme gezwungen sei, die zur Bestätigung der angeblichen directen Verbindungen (Anastomosen) angegebenen Thatsachen beruhten einfach auf Täuschung.

Auch M. SCHULTZE sagt, die zahlreichen Anastomosen der grossen Zellen des Rückenmarks und der Medulla oblongata, welche SCHRÖDER VAN DER KOLK und LENHOSSEK beschrieben und abgebildet haben, seien schon längst als Täuschungen erkannt. Er fügt hinzu, auch die anderen von MEYNERT angegebenen Anastomosen zwischen den Ganglienzellen der verschiedenen Schichten der Hirnrinde seien noch nachzuweisen; er erinnert dabei an die negativen Resultate der sorgfältigen Isolationsversuche von DEITERS und fügt hinzu, auch ihm seien ähnliche Versuche an den elektrischen Lappen des Torpedo misslungen, dessen Ganglienzellen ungewöhnlich gut dafür geeignet sind.

KOELLIKER sagt, wo er über die wahrscheinlichen Verbindungen zwischen den Elementen des Centralnervensystems spricht, je mehr man in der Kenntniss des complicirten Baues des menschlichen Rückenmarks vorwärtsschreite, desto schwieriger werde der Beweis, dass seine Elemente mit einander in Verbindung stehen. Er erklärt, niemals Anastomosen gesehen zu haben, obgleich er die Präparate von STILLING, GOLL, CLARKE und LENHOSSEK untersucht habe, also gerade die Präparate derjenigen Histologen, welche die zahlreichen Anastomosen beschrieben haben. Er sagt zum Schluss, er wolle sie nicht durchaus leugnen, aber keinenfalls dürfe man allgemeine Gesetze von isolirten Beobachtungen ableiten.

Unter den neueren Anatomen leugnet KRAUSE ebenfalls, dass in den Centralorganen des Menschen und der meisten Wirbelthiere directe Verbindungen zwischen den Ganglienzellen durch kräftige Zweige der Fortsätze vorkämen.

Aehnliche Erklärungen finden sich auch in den Specialarbeiten von GERLACH, BOLL und Anderen.

So kann also die Ansicht alter und moderner Anatomen und Physiologen, dass die Protoplasmafortsätze sich direct unter einander verbinden, für eine durch directe Beobachtungen nicht gestützte Hypothese erklärt werden, und die Abbildungen, welche solche directe Verbindungen darstellen, und die auch von einigen modernen Histologen reproducirt werden, müssen für theoretisch und schematisch gelten.

Trotz dieser übereinstimmenden Weigerung, die Anastomosen für ein allgemeines Gesetz zu erklären, ist es doch nöthig, einzelne Fälle von directer Verbindung zwischen zwei Nervenzellen zu berücksichtigen, welche speciell beschrieben worden sind und wegen der Autorität derjenigen, welche sie beschrieben haben,

für beglaubigt gelten müssen. Dieser Art sind die Fälle von Anastomosen zwischen zwei Nervenzellen, welche WAGNER, BESSER und einige Andere beschrieben haben.

Die Glaubwürdigkeit dieser einzelnen Fälle wird in der That nicht bestritten, aber solche Fälle können nicht als Grundlage eines allgemeinen Gesetzes gelten, ja die blosse Thatsache, dass trotz unzähligen Untersuchungen nur die wenigen hier erwähnten Fälle haben gesammelt werden können, beweist hinreichend, dass sie nicht als ein allgemeines Gesetz, sondern als seltene Ausnahmen gelten müssen, welche vielmehr durch ein Ausnahmegesetz erklärt werden müssen. Als die wahrscheinlichste bietet sich uns die Erklärung dar, dass die wenigen bekannt gewordenen Fälle von Nervenzellen, welche durch einen starken Fortsatz oder eine Verbindungsbrücke mit einander zusammenhängen, als Ausdrücke einer Entwickelungshemmung zu betrachten sind.

Während der embryonalen Entwickelungsperiode findet ohne Zweifel eine kräftige Vermehrung auch derjenigen Elemente statt, welche bestimmt sind, Nervenzellen zu werden, und die Zelltheilung beginnt, wie man weiss, im Kerne und schreitet dann auf den Zellkörper fort, welcher sich zuerst verlängert und dann in der Mitte zusammenschnürt; so geschieht es, dass zwei Theile einer Zelle, deren jedem ein Kern entspricht, in einer gewissen Periode nur an einem einzigen Punkte zusammenhängen. Nun könnte es vorkommen, dass die Theilung in dieser Periode stehen bliebe und bis in das spätere Alter so fortbestände.

Die bis jetzt beschriebenen Fälle von Anastomosen zwischen zwei Nervenzellen können also nicht beweisen, dass diese directen Verbindungen in Folge eines allgemeinen Gesetzes bestehen, sondern man muss sie als Ausnahmen betrachten, und zwar als Beispiele von Zellen, in denen der in der Embryonalperiode begonnene Theilungsprocess nicht bis zur vollkommenen Bildung zweier verschiedener Zellindividuen gediehen ist.

Ueber die Frage der Anastomosen will ich noch eine andere Beobachtung hinzufügen.

Wenn es eine Präparationsmethode gäbe, welche erlauben müsste, die Anastomosen in grossem Maassstabe zu sehen, wenn sie wirklich vorhanden wären, so wäre es sicher die der Schwarzfärbung. In der That werden durch dieselbe nicht nur der Zellkörper und seine ersten Fortsätze, sondern auch die feinsten Verzweigungen der letzteren mit einer Deutlichkeit sichtbar gemacht, welche durch keine andere Präparationsmethode, so sorgfältig sie auch ausgeführt werde, erreicht worden ist. Diese Methode der Schwarzfärbung kann auf wenige Zellgruppen beschränkt, oder auf sehr zahlreiche Gruppen ausgedehnt werden, und bisweilen kann auch ihre Verbreitung über eine ganze Provinz des Centralnervensystems gelingen.

Solche Präparate habe ich erhalten und ihrer mehrere Hunderte einer sorgfältigen, geduldigen Prüfung unterworfen; aber in keinem davon konnte ich nur einen einzigen Fall einer Anastomose, weder unter den groben, noch unter den feinen Fortsätzen feststellen.

Es fehlt allerdings nicht an Fällen, in denen zwei Fortsätze einander gerade entgegenlaufen, so dass man den Eindruck einer gegenseitigen Verschmelzung erhält, besonders wenn die Untersuchung bei schwacher oder mittlerer Vergrösserung ausgeführt wird; aber eine genaue Prüfung bei stärkerer Vergrösserung lässt leicht erkennen, dass es sich um eine Täuschung, die Folge einer Berührung, handelt.

Angebliche indirecte Verbindung der Nervenzellen vermittelst eines Netzes. Nach Widerlegung der Annahme, dass die protoplasmatischen Fortsätze dazu bestimmt seien, functionelle Verbindungen zwischen Zellen und Zellen durch directe, complicirte Anastomosen herzustellen, welche nicht als Ausnahmsfälle, sondern als allgemeines Gesetz vorkommen, tritt uns von neuem die Frage entgegen, wie sich dieselben Fortsätze in einiger Entfernung von ihrem Ursprunge verhalten.

Dieses Problem ist in dem letzten Jahrzehnt zum Hauptgegenstand der Untersuchungen derjenigen Beobachter geworden, welche sich vom anatomischen Gesichtspunkte aus mit dem Studium des Centralnervensystems beschäftigt haben. Ich spreche hier natürlich nicht von denen, welche die anatomischen Thatsachen ihren Begriffen von der Function unterordnen und fortfahren, das Vorhandensein der Anastomosen a priori anzunehmen, ohne sich darum zu kümmern, dass nicht nur der directe Nachweis fehlt, sondern die anatomischen Untersuchungen das Gegentheil beweisen.

In Bezug auf diese neue Richtung der histologischen Studien über das Centralnervensystem will ich sogleich bemerken, dass einige der in neuerer Zeit über diesen Gegenstand vorgetragenen Ansichten bei

Vielen für die endgültige Lösung des Problems des Endschicksals der protoplasmatischen Fortsätze gegolten haben und noch gelten.

Auch diese neue Phase der Untersuchungen hat gewissermaassen ihren Ausgangspunkt in den sorgfältigen Studien von DEITERS, von dem man sagen kann, er habe das Beste erreicht, was mit den Mitteln seiner Zeit erreichbar war.

Indem er im Allgemeinen von den protoplasmatischen Verlängerungen spricht, sagt er, sie zertheilten sich bis zu unmessbarer Feinheit und verlören sich endlich in der porösen Grundsubstanz der grauen Substanz. Er behauptet ferner, bei genauer Untersuchung der protoplasmatischen Fortsätze sehe man von vielen von ihnen eine gewisse Anzahl von sehr feinen, zerbrechlichen Fibrillen ausgehen, welche nicht einfache Verzweigungen, sondern etwas Besonderes seien. Man sehe sie nämlich sich an die Seiten der Protoplasma-Fortsätze mit einer dreieckigen Anschwellung ansetzen, und sie zeigten keinen deutlichen Unterschied von den Axencylindern der feinsten Nervenfasern, mit denen sie auch das etwas unregelmässige Aussehen, die leichte Varicosität und die chemischen Eigenschaften gemein hätten.

In einigen Fällen glaubte DEITERS, es sei ihm gelungen, diese Fibrillen mit einer dünnen Markscheide umkleidet zu sehen. Auf solche Beobachtungen gestützt, erklärte dieser Beobachter, er stehe nicht an, in den fraglichen Fibrillen »ein zweites System von Axencylindern aus den Ganglienzellen kommend, zu erkennen, welches von dem Axencylinderfortsatze durchaus verschieden sei«. Ich bemerke im Vorbeigehen, dass DEITERS glaubte, diese zweite Art aus den Protoplasmafortsätzen abstammender Nervenfasern müsse in Betracht gezogen werden, um die functionellen Beziehungen zwischen verschiedenen Zellgruppen und verschiedenen Nervenprovinzen zu erklären.

Ueber das Endschicksal der verzweigten (protoplasmatischen) Fortsätze spricht sich M. SCHULTZE nicht genau aus. Er giebt jedoch ziemlich deutlich zu verstehen, dass seine Idee über diesen Punkt seiner Ansicht über den auffallend fibrillären Bau der Nervenzellen und ihrer Fortsätze untergeordnet sei. Nachdem er sich mit dem Axencylinderfortsatze beschäftigt hat, sagt er über die protoplasmatischen Fortsätze: »Die vielen anderen Fortsätze der Zellen bringen diese letzteren, und mit ihnen den Axencylinderfortsatz in Zusammenhang mit entfernteren Gegenden des Centralorgans und wahrscheinlich auch mit der Peripherie des Körpers; dieser Zusammenhang erlaubt uns nicht, die Ganglienzellen als den ausschliesslichen Ursprung der Nervenfasern zu bezeichnen.« Und anderwärts sagt er: »Nach meinen Beobachtungen sollte man glauben, dass eine wirkliche Endigung der Fibrillen im Gehirn und Rückenmark fast nicht vorkommt, das heisst, dass alle Fibrillen an der Peripherie entspringen und also durch die Ganglienzellen nur hindurchgehen.«

KOELLIKER beschränkt sich darauf, zu versichern, man könne die Fortsätze der Ganglienzellen viel weiter, bis zu einer viel grösseren Feinheit verfolgen, als es die Beobachtungen derer wahrscheinlich machten, welche behaupteten, die Anastomosen gesehen zu haben, und da er zum Schluss eine eigene Meinung aussprechen will, so thut er es auf unbestimmte Weise und erklärt sie von vorn herein für hypothetisch: »Nur als Vermuthung bemerke ich, dass die Endverzweigungen der Nervenzellen dazu dienen, 1) die entfernten Nervenzellen verschiedener Regionen unter einander zu verbinden, und 2) durch einige ihrer Endfäden auch mit den Nervensträngen Verbindungen einzugehen.

Ich übergehe die Ansichten von HADLICH und OBERSTEINER, welche an den Nervenzellen der Kleinhirnrinde beobachtet haben wollen, dass die peripherischen Verzweigungen (protoplasmatischen Fortsätze) der Zellen von PURKINJE, nachdem sie sehr dünn geworden sind, sich an verschiedenen Stellen der Hirnrinde, besonders nahe an der Oberfläche, umbiegen und Bogen von verschiedener Weite bilden, um dann in senkrechter Richtung zur Oberfläche und unter einander parallel nach der Körnerschicht zurückzulaufen, wo eine gewisse Zahl zur Bildung des Axencylinders einer Nervenfaser beiträgt.

Dagegen müssen die Untersuchungen von GERLACH und RINDFLEISCH besonders erwähnt werden wegen der Wichtigkeit, welche man ihnen beigelegt hat; besonders die des ersteren.

Die Arbeit von RINDFLEISCH [1]) kann als Versuch betrachtet werden, zu der alten, von WAGNER, HENLE und Anderen begünstigten Annahme von der Existenz einer diffusen Nervensubstanz zurückzukehren.

Nach diesem Beobachter zerfasern sich die protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen der Hirn-

1) RINDFLEISCH, Zur Kenntniss der Nervenendigungen in der Hirnrinde. Archiv für mikr. Anat., Bd. 8.

windungen, nach wiederholten Theilungen bis zu äusserster Feinheit und bestehen zuletzt nur aus sehr kleinen, aneinander gereihten Punkten, so dass der Begriff eines Fadens verschwindet und man den Eindruck der Fortsetzung der Faser in die körnige, interstitielle Substanz erhält. Andererseits sollen sich viele Fasern in einen Pinsel feinster Fäden auflösen, welche ihrerseits, ebenso wie die protoplasmatischen Fortsätze, ganz allmählich aus dem Faserigen in das Körnige übergingen.

RINDFLEISCH ist also der Meinung, in der Hirnrinde finde eine doppelte Endigungsweise der nervösen Markfasern statt: 1) der directe, von DEITERS und Anderen beschriebene Uebergang in den Axencylinderfortsatz der Nervenzellen; 2) die Auflösung in jene körnig-fasrige Substanz, in welche sich auch die protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen auflösen. Die körnig-fasrige Substanz wäre also nach RINDFLEISCH nervöser Natur, und die früher gebräuchliche Benennung »centrale, diffuse Nervensubstanz« würde gut für sie passen. Unter den das Centralnervensystem bildenden Theilen käme ihr also die grösste Wichtigkeit zu, und die Ganglienzellen hätten nur die ihnen von SCHULTZE zugewiesene Bedeutung, zur Weiterleitung der nervösen Erregung zu dienen.

Die Annahme der diffusen Nervensubstanz wurde bald von GERLACH [1]) bekämpft, welcher an mit Goldchlorid zubereiteten Präparaten gesehen haben wollte, dass die feinen Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze in ein Netz von feinsten, nicht markhaltigen Fibrillen übergehen, aus welchem andererseits die Nervenfasern entsprängen.

Dieses feinste Netz in der Hirnrinde soll sich neben den Ganglienzellen in den Zwischenräumen eines grossmaschigen Netzes befinden, welches aus horizontal laufenden Markfasern bestände.

GERLACH blieb jedoch zweifelhaft, ob alle Ganglienzellen der Hirnrinde mit dem Axencylinderfortsatz versehen sind. Er konnte diesen Fortsatz nur an den grössten Ganglienzellen wahrnehmen, welche nach der Oberfläche des Gehirns einen langen und dicken protoplasmatischen Fortsatz aussenden.

Ueber das Verhalten der protoplasmatischen Fortsätze ist gegenwärtig die Meinung von GERLACH am weitesten verbreitet, nach welcher diese Fortsätze nach sehr verwickelten Zertheilungen in ein feinstes Netz nicht markhaltiger Fasern übergehen, aus welchem dann zahlreiche Markfasern entspringen, oder mit anderen Worten: Zur Bildung des diffusen Nervennetzes würden einerseits die protoplasmatischen Fortsätze durch unendliche Zertheilung und andererseits viele Nervenfasern durch ebenso feine Verästelungen beitragen.

Angenommen, die Richtigkeit dieser Ansicht wäre nachgewiesen, so könnte man also zwei verschiedene Verbindungsarten der Ganglienzellen mit den Nervenfasern annehmen: 1) durch den nervösen Fortsatz, welcher direct, ohne sich zu verästeln, in den Axencylinder einer Nervenfaser übergehen würde; 2) mittelst der feinen Zertheilungen der protoplasmatischen Fortsätze, welche einen Theil des feinen Netzes der grauen Substanz bilden würden.

Dass diese Meinung Anziehungskraft ausübt, insofern sie die anatomische Erklärung der Reflexwirkung und der functionellen Beziehungen zwischen den verschiedenen Gruppen von Elementen liefert, ist leicht zu begreifen. Aber dass sie ein Recht habe, zu den unbestreitbaren Thatsachen zu gehören, das kann man gewiss nicht mit Grund behaupten. Ich, für mein Theil, stehe nicht an, zu erklären, dass sie der Probe einer strengen Untersuchung nicht widersteht. Um mich deutlicher auszudrücken, behaupte ich: die Lehre von GERLACH ist nichts als eine willkürliche Auslegung, oder die ideale Vervollständigung täuschender Erscheinungen, welche man bei Behandlung der grauen Centralsubstanz mit Goldchlorür erhält.

Wer mit Sorgfalt die Wiederholung der GERLACH'schen Methode zur Untersuchung der grauen Substanz der Nervencentra versucht hat, wird bisweilen die Färbung eines verwickelten, durch die ganze graue Substanz verbreiteten Netzes erhalten haben, andere Male aber die der Nervenzellen mit einigen Fortsätzen erster Theilungen und auch einiger secundären Verzweigungen. In diesem letzteren Falle entziehen sich die Fortsätze natürlich der Prüfung und vermischen sich mit dem Hauptgeflechte.

Aber zwischen der Thatsache des gradweisen Verschwindens und dem behaupteten Zerfallen in nervöse Primitivfasern mit Bildung des diffusen Netzes liegt ein grosser, leerer Raum. Als GERLACH denselben ausfüllen wollte, indem er den Uebergang der protoplasmatischen Fortsätze in ein nervöses Netz aufstellte, brachte er nur eine unbegründete Vermuthung zum Vorschein.

1) GERLACH, Ueber die Structur der grauen Substanz des menschlichen Grosshirns. Medic. Centralbl. 1872, S. 273.

Wenn also auch die Lehre von GERLACH, welcher doch in der neuesten Phase der Histologie die höchsten Ehren zu Theil wurden, weder bewiesen, noch haltbar ist, welches wird dann zuletzt die Bestimmung und Bedeutung der protoplasmatischen Fortsätze sein?

Der Antwort, welche ich auf diese Fragen geben zu können glaube, halte ich es für nützlich, folgende Bemerkungen vorauszuschicken.

1) Wenn irgend ein Verfahren es ermöglicht haben könnte, den Uebergang der protoplasmatischen Fortsätze in das Grundnetz zu sehen, so wäre dies die Schwarzfärbung gewesen; denn sie lässt durch die Feinheit ihrer Resultate alle von GERLACH und den Anderen, welche den Uebergang der fraglichen Fortsätze in das diffuse Netz gesehen haben wollen, angewendeten Methoden weit hinter sich. Diese Methode erlaubt uns, die protoplasmatischen Fortsätze auf grosse Entfernung von ihrem Ursprunge zu verfolgen und ihre gabelförmigen Theilungen bis zu grösster Feinheit wahrzunehmen: aber niemals beobachtet man etwas, woraus man schliessen könnte, dass sie in das angegebene Netz übergehen. Im Gegentheil, weit davon entfernt, ein Aussehen anzunehmen, welches sie nervösen Primitivfasern oder Verzweigungen des nervösen Fortsatzes ähnlich machte, bewahren sie fortwährend ihr körniges Aussehen und ihre besondere Art des Verlaufs und der Verzweigung, welche von der der Nervenfasern ganz verschieden ist.

2) Die Verzweigungen der Protoplasmafortsätze zeigen keine Neigung, nach solchen Stellen zu verlaufen, wo Nervenfasern vorhanden sind, sondern im Gegentheil nach solchen, wo diese durchaus fehlen. In der Hirnrinde z. B. ist es leicht, zu bemerken, dass die Protoplasmafortsätze sich zum allergrössten Theile nach der freien Oberfläche der Windungen zu richten, wo in der Regel gar keine Nervenfasern vorhanden sind.

3) Es giebt eine Gegend im Gehirn, deren Studium eine entscheidende Antwort auf das Problem der angeblichen Beziehungen zwischen Protoplasmafortsätzen und Nervenfasern liefern kann: dies ist die Platte von grauer Substanz, welche die sogenannte Fascia dentata des Pes hippocampi major bildet. Diese Gegend ist, wie ich später zeigen werde, nichts weiter als eine kleine, wohlbegrenzte Windung, welche sich in eine dünne Lage grauer Substanz (eine rudimentäre Windung) fortsetzt, die in Streifenform längs der ganzen Oberfläche des Corpus callosum neben der Medianlinie (als sogenannte Stria longitudinalis oder Nervus Lancisii) fortläuft. Diese Schicht ist mit charakteristischen, kleinen Nervenzellen gefüllt, welche in unveränderlicher, charakteristischer Anordnung in doppelter oder dreifacher Reihe längs dem inneren Rande der Schicht liegen. Ihre nervösen Fortsätze entspringen aus dem tiefen Pole der kleinen, ovalen Zellkörper und durchziehen das Stratum circumvolutum, um sich mit dem Faserbündel zu verbinden, welches längs dem inneren Rande eben dieses Stratums verläuft.

Die Protoplasmafortsätze dagegen entspringen, nach einem ebenfalls ausnahmslosen Gesetze, von dem entgegengesetzten Pole und durchziehen die ganze graue, die Fascia dentata bildende Schicht, um an deren Oberfläche zu endigen, welche Schicht durch ein Blutgefäss und durch eine dünne Lage von Bindegewebszellen begrenzt wird.

An der Oberfläche dieser Schicht giebt es durchaus keine Nervenfasern, folglich ist für diese typischen Zellen die Möglichkeit eines Ursprungsverhältnisses zwischen den Protoplasmafortsätzen und den Nervenfasern ausgeschlossen.

4) Was die Richtung der Protoplasmafortsätze betrifft, so habe ich oben bemerkt, dass man an ihnen eine Neigung bemerkt, nach Stellen zu verlaufen, wo sich keine Nervenfasern befinden. Ich füge hier hinzu, dass man ihnen in Folge dieser Thatsache vielmehr ein Bestreben zuschreiben kann, sich mit Bindegewebszellen in Beziehung zu setzen, und in dieser Hinsicht möge man bedenken, dass sowohl an der Oberfläche der Rinde, als in den anderen Gegenden, wo die Verzweigungen der fraglichen Fortsätze zu Ende gehen, das Gewebe beständig nur aus Bindegewebszellen besteht, welche sich immer in enger Verbindung mit den Gefässen befinden.

Die hier vorgetragenen Angaben würden nur einen indirecten Werth haben, wenn sie nicht durch eine andere Thatsache vervollständigt und erklärt würden, welche mit Allem in Widerspruch steht, was in Bezug auf die Protoplasmafortsätze von den Histologen allgemein behauptet wird. Aber ich stehe nicht an, sie bekannt zu machen, da es mir nach unzähligen Versuchen gelungen ist, Präparate zu erhalten, welche für das wirkliche Vorhandensein der Thatsache den deutlichen Beweis liefern.

Ich meine die Verbindung zwischen den letzten Ausläufern der Protoplasmafortsätze und den Bindegewebszellen. Ein passendes Gebiet zum Beweis dieser Thatsache ist die Rinde der Windungen, und besonders deren Randzone, nach der freien Oberfläche zu; noch besser dazu geeignet ist die obengenannte graue Schicht, welche einen Theil des Pes hippocampi major unter dem Namen der Fascia dentata ausmacht.

Hier empfängt man ausserdem nicht selten den Eindruck, als setzten sich einige der protoplasmatischen Fortsätze mittelst einer feiner Ausbreitung direct an die Gefässwände an.

Allerdings findet man längs dem ganzen Verlaufe der Gefässe und in unmittelbarer Verbindung mit ihnen eine zusammenhängende, bisweilen complicirte Reihe von Bindegewebszellen, und darum ist es schwer oder unmöglich, zu sagen, ob die genannten feinen Verzweigungen der Protoplasmafortsätze unmittelbar an die Gefässwände treten, oder an die Bindegewebszellen, welche an deren Wänden anliegen.

Zum Schlusse halte ich mich für berechtigt, zu behaupten, dass die Protoplasmafortsätze keinen Theil an der Bildung der Nervenfasern haben; von diesen bleiben sie immer unabhängig; dagegen stehen sie in inniger Beziehung zu den Bindegewebszellen und zu den Blutgefässen.

Wenn ich noch etwas über die functionelle Bedeutung der Protoplasmafortsätze sagen soll, so glaube ich behaupten zu können, dass man ihre Aufgabe von dem Gesichtspunkte der Ernährung des Nervensystems aus suchen muss, und, genauer gesagt, meine ich, dass sie die Wege darstellen, durch welche von den Blutgefässen und den Bindegewebszellen aus die Zufuhr des Nahrungsplasmas zu den wesentlich nervösen Elementen stattfindet. Auf welche andere Weise übrigens diesen Elementen das Nährmaterial zugeführt werden könnte, ist schwer zu begreifen.

Nachdem wir die directe oder indirecte Herleitung der Nervenfasern von den Protoplasmafortsätzen ausgeschlossen und klargestellt haben, dass diese Fortsätze weder direct, durch Anastomosen, noch indirect, durch das angebliche diffuse Netz zu einer functionellen Communication zwischen den einzelnen Zellenindividuen und verschiedenen Gruppen derselben dienen können, so entsteht die Frage, ob man dennoch eine hinreichende anatomische Erklärung von dem Ursprunge der Nervenfasern aus der grauen Substanz geben könne, und ferner, ob das bisher Mitgetheilte eine wahrscheinliche Antwort auf die Frage über die functionelle Verbindung liefern kann, deren Bestehen zwischen den verschiedenen Zellindividuen und zwischen den verschiedenen Provinzen der grauen Substanz man durchaus annehmen muss.

Beide Fragen, glaube ich, wird das beantworten, was ich im nächsten Abschnitte über den nervösen Fortsatz sagen werde.

Der nervöse Fortsatz. Die Eigenschaften, durch welche dieser Fortsatz von seinem Ursprunge an von anderen unterschieden werden kann, sind vorzüglich die grössere Homogeneität, ja das hyaline Aussehen und die grössere Glätte der Oberfläche. Diesen Charakteren entgegengesetzt ist das körnige oder gestreifte, dem des Zellkörpers ähnliche Aussehen der Protoplasmafortsätze. Diese letzteren sieht man ausserdem viel deutlicher eine unmittelbare Fortsetzung der Zellen bilden; sie pflegen an ihrem Ursprunge kräftiger, nicht sehr regelmässig zu sein und sich bald zu verzweigen. Endlich verjüngt sich der nervöse Fortsatz von seinem Ursprunge aus dem Zellkörper oder aus der Wurzel eines protoplasmatischen Fortsatzes an bis auf 10—15 μ Entfernung allmählich und regelmässig, so dass sein erster Abschnitt das Aussehen eines langen, dünnen, regelmässigen Kegels zu haben pflegt. Dazu füge man noch, dass in Bezug auf den Austrittspunkt und die weitere Richtung für die verschiedenen Arten von Zellen ziemlich strenge Gesetze bestehen, das heisst, in derselben Zellengruppe tritt der fragliche Faden an gleichgelegenen Stellen aus dem Umfange der Zelle hervor. Doch giebt es hierfür zahlreiche Ausnahmen.

Bei den Ganglienzellen der Hirnrinde z. B. entspringt in der Regel der nervöse Fortsatz aus der Mitte der Basis der pyramidalen Formen, welche hier den vorwiegenden Typus der Zellen darstellen, und von diesem Punkte wendet er sich nach der Tiefe der Rindenschicht, direct zu der weissen Substanz; aber man kann nicht sagen, dass die Zellen sehr selten sind, deren nervöser Fortsatz in entgegengesetzter Richtung verläuft, also nach der Oberfläche der Rinde zu.

In den grossen Nervenzellen des Kleinhirns dagegen entspringt der nervöse Fortsatz als allgemeine Regel aus dem tiefen Pole derselben, um in mehr oder weniger gewundenem Laufe die Körnerschicht zu durchziehen und sich zu dem Markstrahle der betreffenden Windungen zu begeben.

Bei vielen grossen Ganglienzellen der hinteren Hörner des Rückenmarks läuft der fragliche Fortsatz eine Strecke weit in der Richtung nach den Vorderhörnern, dann wird sein Verlauf ungewiss. Andere, genauere Einzelnheiten in Bezug auf den Ursprung und Verlauf dieses Fortsatzes werden Gegenstand der Untersuchung sein, wenn wir die einzelnen Provinzen des nervösen Centralorgans beschreiben werden.

Mehrere Beobachter haben geglaubt, einen wesentlichen Unterschied zwischen nervösen und protoplasmatischen Fortsätzen in der verschiedenen Art des Ursprungs aus den verschiedenen die Ganglienzelle bildenden Theilen zu finden. Man hat behauptet, die ersteren entsprängen vorzugsweise aus dem Kerne, die zweiten aus dem Zellkörper.

Die Mehrzahl der neueren Beobachter (Deiters, Schultze, Koelliker, Boll) stimmen darin überein, dass sie niemals diese angebliche Verbindung des Axencylinderfortsatzes mit dem Kern haben feststellen können.

Von grosser Wichtigkeit und immer noch Gegenstand der Untersuchung ist das weitere Verhalten des nervösen Fortsatzes.

Nachdem Deiters durch lange, eingehende Untersuchungen das Vorhandensein dieses besonderen Fortsatzes bewiesen hatte (schon Remak hatte ihn flüchtig bemerkt), wurde derselbe zum Gegenstande der Forschung vieler Beobachter, und da die Beschreibung von Deiters sich nur auf die Zellen der Vorderhörner des Rückenmarks und auf einige Zellenarten der Medulla elongata bezog, so wendeten sich die neuen Untersuchungen besonders den Zellen verschiedener anderer Provinzen des Centralnervensystems zu.

Auf diesem Gebiet sind vor allem die Arbeiten von Koschewnikow, dann die von Gerlach, Hadlich, Obersteiner, Boll, Bützke und Anderen zu nennen, welche alle übereinstimmend behaupteten, in einigen Fällen die directe Fortsetzung des nervösen Fortsatzes in den Axencylinder einer nervösen Markfaser beobachtet zu haben.

Natürlich wurde unter dem Einfluss dieser einstimmigen Versicherungen das von Deiters gelieferte Schema der Centralnervenzelle allgemein angenommen.

In der That stellt dieses Schema das Feinste und Genaueste auf, das man mit den Untersuchungsmitteln erreichen konnte, welche den Histologen bis vor wenigen Jahren zur Erforschung der elementaren Morphologie des Centralnervensystems zu Gebote standen.

Aber nach Entdeckung der feinen chemischen Reaction der Nervenzellen, welche ich oben erwähnt habe (Schwarzfärbung des Nervengewebes durch auf einander folgende Einwirkung des doppeltchromsauren Kali und salpetersauren Silbers), durch welche diese Elemente in den geringsten Einzelheiten ihres Baues, Aussehens und in den feinsten Verzweigungen ihrer Fortsätze deutlich erkannt werden können, während sie sich an ihrer Stelle im Gewebe und in ungestörten Beziehungen zu den benachbarten Theilen befinden: seit dieser Entdeckung, sage ich, hat die Kenntniss der morphologischen Eigenschaften, der Gesetze der Verzweigung dieser Fortsätze einen weiteren Fortschritt machen, allzu àbsolute Annahmen verbessern und gewisse Behauptungen widerlegen können, welche mehr durch vorgefasste Ideen, als durch genaue Beobachtung gestützt wurden.

Wie ich schon bemerkt zu haben glaube, kann eine ins Einzelne gehende Beschreibung des Verhaltens des nervösen Fortsatzes bei den verschiedenen Arten von Ganglienzellen nur bei der Untersuchung der einzelnen Regionen des Centralnervensystems, welchen die Zellen angehören, gegeben werden. Da man nicht behaupten kann, dass es durchaus allgemeine Charaktere gebe, welche ohne Ausnahme auf alle Centralnervenzellen anwendbar seien, so halte ich es für zweckmässig, zur Basis meiner Beschreibung die Zellen der Grosshirnrinde zu wählen, welche ohne Zweifel wegen ihrer Menge und Wichtigkeit den anderen voranzustellen sind.

In der Grosshirnrinde bemerkt man, nachdem sie der angegebenen Reaction unterworfen worden ist, wenigstens bei der grossen Mehrzahl der Ganglienzellen, dass der nervöse Fortsatz ein bedeutend anderes Verhalten zeigt, als das von Deiters und anderen Beobachtern angegebene, welche an anderen Zellenkategorien die Beobachtungen von Deiters bestätigt zu haben versicherten.

Der Fortsatz löst sich direct vom Zellkörper ab, im Allgemeinen von der nach der weissen Substanz (Basis der pyramidalen Formen) gekehrten Seite, oder von der Wurzel eines der grossen Protoplasmafortsätze, welche von derselben Seite der Zelle ausgehen; von seinem Austrittspunkte an bis auf eine Entfernung von 20—30 μ wird er allmählich dünner und endlich zu einem feinen Faden, bleibt jedoch unverzweigt, gewöhnlich geradlinig, regelmässig und glatt. In der genannten Entfernung zeigt er oft eine leichte Krümmung, bleibt

dann vielleicht eine Strecke weit noch einfach, aber häufiger pflegen sogleich von der Krümmung an die Fäden hervorzutreten, und dieses Abgehen von seitlichen Fäden erstreckt sich in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen so weit, als das Gelingen der Reaction den Fortsatz zu verfolgen erlaubt. Dieser behält seine Regelmässigkeit und Glätte bei, nimmt aber einen leicht gekrümmten Verlauf an (vielleicht durch Schrumpfung des Gewebes), und so ist es nicht selten, ihn die ganze Dicke der Grosshirnrinde durchziehen und auch in die Schicht der Nervenfasern eindringen zu sehen (in vielen Fällen habe ich ihn bis auf eine Entfernung von 600 und selbst 800 μ verfolgt); bis in diese Entfernung sah ich Filamente aus ihm austreten. In Bezug auf die Dicke bietet er bedeutende Unterschiede dar; bisweilen zeigt er von der angegebenen Krümmung an keine bedeutenden Veränderungen des Durchmessers und gelangt in die Schicht der Nervenfasern in Gestalt eines deutlichen Filamentes; viel häufiger aber wird er, indem er Seitenzweige abgiebt, in unmerklicher Abnahme immer dünner und zuletzt unmessbar fein.

Ich sagte, dass der nervöse Fortsatz in seinem ganzen Verlaufe von Stelle zu Stelle in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen seitliche Fäden abgiebt. In Bezug auf diese füge ich noch hinzu, dass sie sehr regelmässig unter rechten Winkeln abgehen, und wenn man ihren Lauf verfolgt, dass sie ihrerseits, ähnlich dem Hauptfaden, seitliche Zweige abgeben, welche sich ebenfalls in Fäden dritter, vierter und fünfter Ordnung weiter theilen, dabei immer dünner werden und zuletzt, bisweilen in grosser Entfernung von ihrer Ursprungsstelle, in Filamente von äusserster Feinheit auslaufen. Aus allen diesen Verzweigungen der verschiedenen nervösen Fortsätze entsteht natürlich ein äusserst complicirtes Geflecht, welches sich über die ganze graue Substanz erstreckt. Dass aus den unzähligen Weitertheilungen mittelst complicirter Anastomosen ein Netz in strengem Sinne und nicht ein einfaches Geflecht entsteht, ist ziemlich wahrscheinlich; ja man könnte geneigt sein, es nach der Prüfung einiger meiner Präparate anzunehmen; aber die ausserordentliche Complication des Geflechts erlaubt nicht, es für gewiss zu erklären.

Unter den Einzelnheiten im Verhalten der Nervenfortsätze will ich noch bemerken, dass viele von ihnen durch das Abgeben von Zweigen ihre grösstmögliche Feinheit schon lange vorher erreichen, ehe sie bei den Nervenfasern anlangen. In diesem Zustande grösster Feinheit theilen sie sich in 3—4—5 Fädchen, welche sich wieder verzweigen und mit dem erwähnten diffusen Netze vermischen.

Auch die Thatsache verdient ganz besondere Beachtung, dass bei einer nicht unbedeutenden Zahl von Nervenzellen, besonders aus den tiefen Theilen der Hirnrinde, der nervöse Fortsatz weder von demjenigen Theile des Zellkörpers ausgeht, welcher der weissen Substanz zugewendet ist, noch nach ihr hinläuft, sondern in der entgegengesetzten Richtung ähnliche Schicksale erfährt, wie die soeben angegebenen, dass er also in Zweige zweiter, dritter und vierter Ordnung zerfällt, welche einen Theil des beschriebenen Geflechts ausmachen.

Es scheint endlich, dass man in der Grosshirnrinde (und wahrscheinlich in der grauen Substanz der Nervencentra im Allgemeinen) zwei Typen von Ganglienzellen unterscheiden kann, nämlich:

1) Ganglienzellen (Taf. I, Fig. 1, 3, 4, 6; Taf. II, Fig. 3, 4; Taf. VI, einzige Figur), deren nervöser Fortsatz wenig seitliche Fäden abgiebt und sich unmittelbar in den Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser umwandelt.

2) Ganglienzellen (Taf. I, Fig. 2, 5, 7, 8, 9, 10; Taf. II, Fig. 1, 2, 5, 6; Taf. V, einzige Figur), deren nervöser Fortsatz sich auf complicirte Weise theilt, seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines nervösen Netzes theilnimmt, welches sich durch alle Schichten der grauen Substanz erstreckt.

Hier muss ich auch die Aufmerksamkeit auf das Verhalten der Nervenfasern, oder einer gewissen Zahl derselben, innerhalb der grauen Substanz lenken.

Wenn man nach der angegebenen Methode behandelte Präparate studirt, sieht man in ihnen oft Bündel von nervösen Fortsätzen, welche nach der weissen Substanz zu laufen, und in dieser häufig andere Bündel von Axencylindern, gleichfalls schwarz gefärbt, welche nach Aussehen, Verlaufs- und Verzweigungsart mit den nervösen Fortsätzen der Zellen ganz übereinstimmen. Wenn man sie verfolgt, so kann man bemerken, dass viele davon die Bündel von nervösen Fortsätzen begleiten und sich mit ihnen vermischen, so dass eine Unterscheidung unmöglich wird; dass dagegen viele andere fortwährend secundäre Fäden abgeben, welche sich weiter theilen, zu Fibrillen von unmessbarer Feinheit werden und sich zuletzt, wie es schon von einigen nervösen Fortsätzen gesagt worden ist, in dem diffusen Netze der grauen Substanz verlieren. Auf dieselbe

Weise also, wie wir in Bezug auf das Verhalten des nervösen Fortsatzes in der grauen Substanz zwei Typen von Nervenzellen unterschieden haben, ebenso lassen sich zwei Kategorien von Nervenfasern nach dem Verhalten des betreffenden Axencylinders unterscheiden, welche den beiden beschriebenen Zellentypen entsprechen, nämlich:

1) Nervenfasern, welche zwar einige secundäre Zweige abgeben (diese theilen sich weiter und verlieren sich in dem diffusen Netze), aber doch ihre eigene Individualität bewahren und sich in directe Verbindung mit den Ganglienzellen des ersten Typus setzen und in den betreffenden nervösen Fortsatz übergehen.

2) Nervenfasern, welche durch vielfache Theilung ihre Individualität verlieren und ganz an der Bildung des genannten diffusen Netzes theilnehmen.

Zu der Bildung des diffusen Netzes tragen also bei:

1) Die Fibrillen, welche von den nervösen Fortsätzen der Zellen des ersten Typus ausgehen.

2) In ihrer Totalität die nervösen Fortsätze der Zellen des zweiten Typus.

3) Die secundären Verzweigungen der Axencylinder, welche zu den Nervenfasern der ersten Kategorie gehören.

4) Viele Axencylinder in ihrer Totalität, diejenigen nämlich, welche sich in feinste Filamente auflösen, sich mit dem allgemeinen Geflechte vereinigen und alle Individualität verlieren. (Nervenfasern der zweiten Kategorie.)

Nach dieser Auseinandersetzung über feine Einzelnheiten des Baues und besonders über das Verhalten der verschiedenen Fortsätze der Ganglienzellen, sowie über das Auftreten der Nervenfasern, welche in die Schichten der grauen Substanz eindringen, glaube ich hinreichendes Material zusammengebracht zu haben, um mir das Recht anzumaassen, mit Entschiedenheit von einem allgemeinen Gesichtspunkte aus an die Frage, wie die Nervenfasern in den nervösen Centralorganen entspringen, heranzutreten.

II.

Der centrale Ursprung der Nerven.

Die Frage nach der Art, wie die Nerven aus den nervösen Centralorganen entspringen, gehört zu denen, mit welchen sich die Anatomen in neuerer Zeit am eingehendsten beschäftigt haben, und welche doch noch zu den am meisten umstrittenen gehören.

Die Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks werden, wie wir wissen, allgemein für die Elementarorgane des centralen Ursprungs, oder Endigung, der Nervenfasern gehalten; aber wenn wir uns nicht mit kategorischen Behauptungen, welche doch nur reine Hypothesen sein könnten, zufrieden geben, sondern die Sache genau kennen lernen wollen, müssen wir darauf achten, dass nicht nur die Art, wie die einzelnen Fasern mit den Zellen in Verbindung stehen, Gegenstand des Streites ist, sondern dass man noch in unseren Tagen die Frage aufgeworfen hat, ob wirklich die behauptete Continuität zwischen den beiden, das nervöse Centralgewebe bildenden Elementen streng nachgewiesen sei.

Wenn man sich nicht an gewisse absprechende Urtheile kehrt, wie das von HYRTL, welcher, sich einen Ausdruck VOLKMANN's aneignend, noch vor kurzem auszusprechen wagte, *die Art des Ursprungs der Nervenfasern werde immer unbekannt bleiben*, sondern die Resultate der neuesten Untersuchungen zu Rathe zieht, so ist es wahr, dass der Beweis der Herkunft der Fasern bis jetzt nur für eine sehr kleine Abtheilung derselben geliefert worden ist, während für den grössten Theil die Beziehung zu den Zellen noch immer hypothetisch bleibt. In dieser Beziehung genügt es, daran zu erinnern, dass in einer der bemerkenswerthesten, in den letzten Jahren erschienenen Arbeiten über den wirklichen Ursprung der Nerven der Verfasser, LAURA, nach einer genauen Uebersicht über die Resultate der anderen Beobachter versichert, »auch für die einfachsten Thatsachen, wie z. B. die Verbindung der vorderen Wurzeln und irgend welcher Hirnnerven mit seinen sogenannten Ursprungskernen, sind wir weit davon entfernt, absolute Gewissheit erreicht zu haben«.

Wenn wir von der Anatomie die Lösung einiger anderer Probleme verlangen, welche mehr die Physiologie angehen, wie z. B. ob in den respectiven Ursprungscentren die beiden Arten von Nervenfasern (sensitive und motorische Fasern) in ihren Beziehungen zu den entsprechenden Zellgruppen Verschiedenheiten

unter einander zeigen; ob vielleicht auch Differentialcharaktere zwischen den Ursprüngen der verschiedenen Kategorien von sensitiven Fasern bestehen; oder ob es morphologische oder andere Charaktere giebt, welche uns in den Stand setzen, die für motorisch gehaltenen Zellen von den für sensitiv geltenden zu unterscheiden: wenn man, sage ich, von der Anatomie die Antwort auf diese und andere Fragen verlangt, so muss ich bekennen, dass wir auf ein strittiges Gebiet gerathen, wo die vollständigste Dunkelheit herrscht.

Es ist freilich wahr, dass einige Beobachter geglaubt haben, alle diese Fragen beantworten zu können, aber es ist nur zu gewiss, dass keine der vorgebrachten Antworten eine strenge Controle aushält.

Da wir schon früher Gelegenheit gehabt haben, die verschiedenen Ansichten zu erwähnen, welche sich über die Verbindung zwischen Nervenzellen und -fasern das Feld streitig gemacht haben, so beschränke ich mich darauf, nur diejenige Meinung anzuführen, welche das Glück hatte, von den modernen Anatomen fast allgemein angenommen zu werden: ich meine die Ansicht von GERLACH.

Nach dieser Ansicht sollen die Nervenfasern aus den Ganglienzellen auf zwei wesentlich verschiedene Weisen entspringen:

1) Auf directe Weise mittelst eines eigenen, von allen anderen durch seine physikalischen und chemischen Eigenschaften völlig verschiedenen Fortsatzes, welcher einfach bleibe und direct in den Axencylinder einer nervösen Markfaser übergehe.

2) Auf indirecte Weise mittelst der zahlreichen protoplasmatischen Fortsätze, welche durch zahllose Theilungen ein feines Netz bildeten, zu dessen Bildung andererseits, mittelst ebensolcher feinen Theilung der Axencylinder, viele von den Nervenfasern beitragen sollen, welche, von der Marksubstanz entspringend, in die Schichten der grauen Substanz eindringen.

Im ersten Falle würde sich also ein specieller Fortsatz in eine Nervenfaser umbilden, indem er sich einfach mit der Markscheide umhüllte; im zweiten Falle dagegen würde die Verbindung zwischen Zelle und Nervenfaser durch Vermittelung eines Netzes zu Stande kommen, welches aus der unendlich feinen Zertheilung der protoplasmatischen Fortsätze der ersteren und der Axencylinder der zweiten entstanden wäre.

Ueber die hier vorgetragene Lehre haben wir schon erklärt, dass sie nicht auf gut beobachteten anatomischen Thatsachen ruht, sondern ebenso, wie andere, welche ihr vorausgegangen sind, eine einfache, anatomische Hypothese ist.

Aber nachdem wir auch der Ansicht GERLACH's widersprochen, und besonders nachdem wir seine Angaben über den Antheil, welchen die Protoplasmafortsätze an der Bildung der Nervenfasern nehmen sollen, für ungenügend erklärt haben, sind wir selbst nun im Stande, mit Ausschluss jeder Hypothese eine Erklärung über die Art zu liefern, wie die Nervenfasern in den verschiedenen Schichten der grauen Substanz sich bilden und entspringen? Können wir vielleicht auch etwas Begründetes über die Frage sagen, ob in Bezug auf die Art ihres Ursprungs zwischen den Empfindungs- und Bewegungsfasern ein Unterschied ist, welcher dem functionellen Unterschiede entspricht?

Ich stehe nicht an, zu behaupten, dass die im vorigen Kapitel vorgetragenen histologischen Eigenthümlichkeiten in ihrem Ganzen einen Vorrath von Thatsachen ausmachen, welche erlauben können, über das vorliegende, schwierige Problem ziemlich genaue und sichere Gesetze auszusprechen. So viel ist gewiss, dass wir zwar das Problem nicht ohne weiteres für gelöst erklären, aber doch sagen können, dass zur Vervollständigung des Bildes nur einige Einzelnheiten von secundärer Wichtigkeit fehlen.

Die Wiederholung einiger Thatsachen, welche wir schon zum Gegenstande besonderer Beschreibung gemacht haben, wird uns den Beweis dafür liefern.

Zunächst erinnere ich daran, dass in den Schichten der grauen Substanz der verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems Zellen vorkommen, deren nervöser Fortsatz sich direct mit Bündeln von Nervenfasern verbindet, indem er sich in eines dieser Elemente umbildet, aber nicht, ohne vorher eine grössere oder geringere Zahl von secundären Fibrillen abgegeben zu haben, welche sich weiter theilen und an der Bildung eines diffusen Geflechtes von ziemlich complicirtem Ursprung Theil nehmen.

In Bezug auf dieses Verhalten des nervösen Fortsatzes einiger Ganglienzellen muss ferner daran erinnert werden, dass, wenn man die in die Schichten der grauen Substanz eindringenden Nervenfasern verfolgt, man nicht selten bemerken kann, dass einige von ihnen mit Ganglienzellen in Verbindung treten, indem sie sich in den betreffenden nervösen Fortsatz verwandeln, nicht ohne vorher ihrerseits eine grössere oder geringere

Zahl von Fäden abgegeben zu haben, welche sich ebenfalls weiter theilen und an der Bildung des diffusen Geflechtes Theil nehmen.

Dieses Verhalten des nervösen Fortsatzes der Ganglienzellen einerseits und der Nervenfasern andererseits, dessen Nachweis jetzt übrigens zu den leichtesten Aufgaben der Histologie gehört, habe ich für eine so grosse Menge von Elementen nachweisen können, welche den verschiedensten Provinzen des Nervensystems angehören (Zellen der Rinde der Windungen, Zellen der sogenannten grauen Kerne der Ventrikel und der Basis, Zellen von Purkinje im Kleinhirn, Zellen der Medulla elongata und des Rückenmarks), dass ich die Behauptung für gerechtfertigt halte, es stelle eines der allgemeinen Gesetze dar, welche für alle grauen Schichten der Nervencentra gültig sind.

Nun wohl, haben wir nicht das Recht, das hier besprochene Verhalten als eine der Verbindungsarten zwischen nervösen Zellen und Fasern zu betrachten, und zwar als den directen Ursprung der Nervenfasern aus den Ganglienzellen der Centra?

Offenbar kann die Antwort nur bejahend ausfallen, und wir können mit Sicherheit hinzufügen, dass bei dieser Antwort jeder fernste Schatten einer Hypothese ausgeschlossen ist.

Aber es sind noch andere histo-morphologische Eigenthümlichkeiten zu bemerken, welche sich uns von dem Gesichtspunkte unserer Kenntnisse von der Ursprungsart der Nervenfasern aus als von hoher Bedeutung darstellen.

Man erinnere sich, dass wir auch auf das Vorhandensein eines zweiten Typus von Zellen aufmerksam gemacht haben, welche dadurch charakterisirt sind, dass der zugehörige Nervenfortsatz durch complicirte Zertheilung seine Individualität verliert und in toto in der Bildung des diffusen Netzes von Nervenfibrillen aufgeht. Man möge sich ferner erinnern, dass wir auch die Existenz einer zweiten Kategorie von Nervenfasern festgestellt haben, deren Verhalten dem des Nervenfortsatzes dieses zweiten Zelltypus vollkommen gleich ist, von Fasern also, deren Axencylinder sich complicirt verzweigt und ebenso in toto in das genannte diffuse Netz übergeht[1]).

Haben wir nicht ein Recht, an dieser zweiten Art des Verhaltens der nervösen Fortsätze einer gewissen Zellenreihe einerseits und einer zweiten Kategorie von Nervenfasern andererseits eine zweite Verbindungsweise zwischen Nervenfasern und Ganglienzellen zu erkennen, eine zweite Ursprungsweise der Nerven?

Auch hier, glaube ich, schliesst die bejahende Antwort nichts Hypothetisches ein.

Auch diese Ursprungsweise der Nervenfasern haben wir schon feststellen können, sowohl in der Rinde der Windungen des Gross- und Kleinhirns, als in der grauen Substanz des Rückenmarks. Wir glauben hier eine Thatsache hervorheben zu sollen, welche besondere Beachtung zu verdienen scheint, nämlich dass die beiden Zellentypen sich nie getrennt in dieser oder jener Region der Centralorgane des Nervensystems vorfinden, sondern immer unter einander gemischt. In einigen Zonen bemerkt man ein Vorherrschen des einen oder anderen Typus, zum Beispiel im Rückenmarke, wo die Zellen, deren nervöser Fortsatz seine Individualität bewahrt und direct in eine Nervenfaser übergeht, in den Vorderhörnern überwiegen, während in den Hinterhörnern diejenigen Zellen vorherrschen, deren nervöser Fortsatz durch seine Zertheilung seine Individualirät verliert und in toto in das diffuse Netz übergeht.

Oder man bemerkt auch, dass in derselben Zone der Centralorgane einige Kategorien von Ganglienzellen dem ersten, andere dem zweiten Typus angehören. Dies beobachtet man an den Kleinhirnwindungen, wo die Zellen von Purkinje zu dem Typus derjenigen gehören, deren nervöser Fortsatz, obgleich er einige Fasern abgiebt, doch seine Individualität bewahrt und den Axencylinder einer Nervenfaser bildet, während alle anderen Zellen der Windungen dem zweiten angehören. Immer finden sich die beiden Zellentypen in den verschiedenen Provinzen unter einander gemischt.

Um das Gesagte zusammenzufassen, können wir gegenwärtig behaupten, in der grauen Substanz der nervösen Centralorgane zwei verschiedene Ursprungsweisen der Nervenfasern zu kennen, den beiden Zellentypen entsprechend, welche wir daselbst erkannt haben, und die sich, wie wir sahen, durch das verschiedene Verhalten des nervösen Fortsatzes unterscheiden, also:

---

1) Wahrscheinlich hat diese zweite Art von nervösen Fortsätzen und Axencylindern den Hauptantheil an der Bildung dieses Netzes.

1) Einen Ursprung, welchen wir direct nennen können, aus den Zellen des ersten Typus, welcher so vor sich geht, dass der nervöse Fortsatz dieser Zellen, obgleich er einige secundäre Fasern abgiebt, doch seine Individualität behauptet und direct in den Axencylinder einer Markfaser übergeht.

2) Einen Ursprung, den man indirect nennen kann, weil die Fasern nicht direct mit Ganglienzellen in Verbindung treten, sondern sich vielfach theilen und sich mit dem Netze verbinden, an dessen Bildung in erster Linie die Ganglienzellen des zweiten Typus, in zweiter Linie die von den nervösen Fortsätzen der Zellen des ersten Typus ausgehenden Fasern Theil nehmen. In diesem Falle verbinden sich die von der Peripherie kommenden Fasern direct weder mit dem einen, noch mit dem anderen Typus von Ganglienzellen; also bezeichnen wir diese Verbindungsweise als indirect.

In Bezug auf die Ursprungsweise der Nervenfasern können wir in der grauen Substanz ebenfalls zwei Typen von Ganglienzellen unterscheiden, indem wir bemerken, dass diese Unterscheidung in Bezug auf das Verhalten des nervösen Fortsatzes mit der schon von uns gemachten zusammenfällt:

a) Ganglienzellen, welche durch ihren, wenige Fäden abgebenden nervösen Fortsatz in directer Verbindung mit den Nervenfasern stehen;
b) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz sich fein zertheilt und in toto in das diffuse Netz übergeht, und die daher nur indirect mit den von der Peripherie kommenden markhaltigen Nervenfasern in Verbindung stehen.

Besitzen wir ein Erkennungszeichen, um beurtheilen zu können, dass die beiden von uns beschriebenen Zelltypen und die beiden verschiedenen Ursprungsweisen der Nervenfasern vielleicht mit physiologischen Unterschieden in Beziehung stehen? Genauer gesagt, haben wir Grund, anzunehmen, dass die beiden beschriebenen Ursprungsweisen der Nerven mit den beiden Functionen, Empfindung und Bewegung, in Verbindung stehen, für deren jede, wie die Physiologie lehrt, eine besondere Kategorie von Nervenfasern bestimmt ist?

Es ist leicht zu begreifen, dass wir nicht im Stande sind, eine bestimmte Antwort auf diese Frage zu geben, aber es fehlt uns nicht an Thatsachen, um eine begründete Vermuthung aussprechen zu können.

Um diese Frage aufzuklären, müssen wir besonders die Resultate der Untersuchungen über das Rückenmark beachten, über welches wir ziemlich genaue Kenntniss besitzen, sowohl was seinen feineren anatomischen Bau, als was die Functionen betrifft, welche an seine Hauptbestandtheile gebunden sind.

Und in der That, wenn wir bedenken: 1) dass in derjenigen Zone dieses Organs, in welchem die Nervenfasern der Empfindung zusammenkommen und sich vertheilen (die Hinterhörner und besonders die graue Substanz von ROLANDO), sich vorzugsweise Ganglienzellen finden, deren nervöse Fortsätze, sich vielfach theilend, ihre eigene Individualität verlieren (Zellen des zweiten Typus) 2) dass die Fasern der hinteren Wurzeln (der Empfindung) in grosser Mehrheit, vielleicht in der Totalität, sich vielfach theilend, in der ganzen Zone ihrer Vertheilung ein complicirtes Geflecht bilden, gleich dem, welches wir von den nervösen Fortsätzen der Zellen des zweiten Typus gebildet werden sehen (vorwiegend in der gelatinösen Substanz von ROLANDO und in den eigentlich sogenannten Hinterhörnern, von dem man aber sagen kann, dass es auch in der ganzen grauen Substanz des Rückenmarks verbreitet ist, mit Einschluss der Vorderhörner);

Wenn wir dagegen andererseits bedenken: 1) dass in den Vorderhörnern (Bewegungszone) dagegen diejenigen Zellen vorwiegen, welche in Bezug auf das Verhalten ihrer nervösen Fortsätze dem ersten Typus angehören; 2) dass die Fasern der vorderen Wurzeln dem Verhalten der nervösen Fortsätze der Zellen des ersten Typus entsprechen, d. h. sich in directe Beziehung zu den Ganglienzellen desselben ersten Typus setzen (welche in den Vorderhörnern und auch in anderen Zonen der grauen Substanz, mit Einschluss der Hinterhörner, liegen) — wenn wir, sage ich, alle hier auseinandergesetzten Thatsachen erwägen, so können wir, wie ich glaube, die Annahme als wohlbegründet ansehen, dass die Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz durch vielfache Theilung seine Individualität einbüsst und in toto zur Bildung des diffusen Netzes beiträgt, der sensoriellen Sphäre (der psychisch-sensoriellen, was die Grosshirnrinde betrifft), und dass dagegen die Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz zwar Fäden abgiebt, aber seine Individualität zu erhalten und sich mit den Nervenfasern direct zu verbinden strebt, der motorischen Sphäre (der psychisch-motorischen, was die Rinde der Hirnwindungen betrifft) angehören.

Es wird also wahrscheinlich erscheinen, dass die erste Ursprungsweise der Nervenfasern, welche wir die *directe* nennen, der motorischen oder psychisch-motorischen Sphäre, und die zweite, welche wir als

die indirecte bezeichnen, der sensoriellen oder psychisch-sensoriellen Sphäre eigenthümlich ist.

Nach dem Vorhergehenden wirft sich eine andere Frage auf, welche mit den schon von uns erörterten Streitfragen über die angeblichen directen Verbindungen (Anastomosen) zwischen den protoplasmatischen Fortsätzen der Nervenzellen in Verbindung steht, nämlich ob die Ursprünge der beiden Systeme von Fasern von einander unabhängig sind, oder ob zwischen ihnen eine Verbindung stattfindet, und wenn dies der Fall ist, wie sie zu Stande kömmt.

Es wäre in der That schwer zu sagen, ob und wie eine Verbindung stattfinden könnte, wenn die gewöhnliche Meinung, wonach der nervöse Fortsatz der Ganglienzellen nach kurzem Verlauf, und immer ungetheilt bleibend, nur sich mit einer Markhülle umgebend, als allgemeine Regel direct den Axencylinder einer Markfaser bilden soll, als richtig erwiesen wäre. Um so schwieriger würde die Beantwortung dieser Frage sein, da bewiesen ist, dass die Protoplasmafortsätze weder directe Anastomosen bilden, noch sich direct mit dem angeblichen Netze von Gerlach verbinden. Aber nach der Kenntnissnahme der von uns beschriebenen Thatsachen, wird man, glauben wir, ohne weiteres zugeben können, dass die Verbindung stattfindet, und es scheint uns nicht schwer, zu sagen, auf welche Weise sie zu Stande kömmt.

Die Begründung einer so bestimmten Antwort wird uns durch die Gesammtheit mehrerer der behandelten Einzelnheiten geliefert.

Vor allem müssen wir daran erinnern, dass der nerösve Fortsatz derjenigen Ganglienzellen, für welche auch wir eine directe Verbindung mit den Nervenfasern annehmen, in seinem Verlauf in der grauen Substanz eine grössere oder geringere Zahl von Fasern (nervöse Primitivfasern) abgiebt, welche sich weiter theilen und zur Bildung eines diffusen, nervösen Netzes beitragen. Zweitens, dass dieses Netz sehr complicirten Ursprungs ist, indem an seiner Bildung ausser den soeben genannten Fasern die nervösen Fortsätze der Zellen des zweiten Typus und die beiden Kategorien von Nervenfasern Theil nehmen, welche in ihrem Verhalten dem der nervösen Fortsätze der beiden Zellentypen vollkommen entsprechen. Nun ist es offenbar, dass die secundären Fasern der nervösen Fortsätze der Zellen des ersten Typus, indem sie an der Bildung des Netzes Theil nehmen, das anatomische Mittel zur Verbindung zwischen den Ursprüngen der beiden Kategorien von Nervenfasern darstellen.

Wenn wir nun annehmen, dass in den Centralorganen des Nervensystems die Nervenfasern auf zwei verschiedene Weisen entspringen, so müssen wir doch zugleich festhalten, dass in den Schichten der grauen Substanz die Theile, welche gewissermaassen die Wurzeln der beiden Faserarten darstellen, nicht unabhängig sind, sondern dass zwischen ihnen eine ziemlich innige Verbindung besteht.

Während also für die eine Art von Fasern (motorische oder psycho-motorische Nervenfasern) jedes Element einen individuellen, directen (nicht isolirten) Ursprung hat, so hat die zweite Art (sensible und psychisch-sensible Fasern) einen sehr complicirten Ursprung: sie stammen nämlich aus einem Netze, an dessen Bildung Theil nehmen: in erster Linie die Ganglienzellen des zweiten Typus mit ihrem nervösen Fortsatze, der in viele Theile und Unterabtheilungen zerfällt; in zweiter Linie die Fasern, welche aus den nervösen Fortsätzen der Zellen des ersten Typus entspringen. Wenn man die Frage aus einem anderen Gesichtspunkte auffasst, als dem obigen, so folgt offenbar, dass eine grosse Zahl von Nervenfasern nicht mit einzelnen Zellenindividuen in Verbindung steht, sondern mit zahlreichen Gruppen derselben, vielleicht mit den Ganglienzellen ganzer Zonen der grauen Substanz verbunden sein kann.

Mehrere der vorgetragenen Thatsachen verdienen von dem Gesichtspunkte ihrer physiologischen Bedeutung aus besondere Beachtung.

In dieser Beziehung fordert unsere Aufmerksamkeit besonders die anatomische Verbindung heraus, welche in den Schichten der grauen Substanz zwischen den die Wurzeln der beiden von mir erkannten und beschriebenen Systeme von Nervenfasern vorhanden ist. In dieser Verbindung liegt die Erklärung der physiologischen Beziehungen zwischen den Fasern der Empfindungs- und denen der Bewegungssphäre. Welche andere Bedeutung könnten wir den Fasern beilegen, welche von dem nervösen Fortsatze der Zellen des ersten Typus ausgehen (welche für motorische oder psycho-motorische Zellen gelten) und sich mit dem diffusen Netze vermischen, welches, wie wir gesehen haben, wesentlich durch den nervösen Fortsatz der Zellen des zweiten Typus gebildet wird? (Sensorielle und psychisch-sensorielle Zellen.)

Vorzüglich die Reflexwirkungen können in Folge der Kenntniss der histologischen Beziehungen ihre Erklärung finden, welche man in der Vergangenheit entweder in den hypothetischen, niemals nachgewiesenen directen Anastomosen zwischen den protoplasmatischen Fortsätzen der Ganglienzellen, oder in dem ebenso hypothetischen diffusen Netze gesucht hat, welches aus der unendlichen Zertheilung eben dieser protoplasmatischen Fortsätze entstehen soll.

Auch die Existenz und die Bildungsweise des diffusen nervösen Netzes muss besonders in Betracht gezogen werden, mittelst dessen eine ausgedehnte, vielleicht allgemeine Verbindung zwischen den Elementen stattfinden muss, welche die Ursprungswurzeln der Nervenfasern darstellen. Diese Kenntniss erlaubt uns, zu verstehen, wie die innige Verbindung zwischen den die verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems angehenden Functionen zu Stande kommen kann, und besonders für die sogenannten Diffusionserscheinungen kann man behaupten, durch die Kenntniss der Bildungsweise des Netzes eine anatomische Begründung für eine genügende Erklärung erworben zu haben.

Wenn man auch die beschriebenen Einzelnheiten über die Verbindungsweise der Ganglienzellen der Nervencentra mit den Nervenfasern in Rechnung bringt, so scheint mir die Behauptung gerechtfertigt, dass man allzu willkürlich fortfährt, von isolirter Leitung zwischen Punkten der Peripherie und den angeblichen entsprechenden Individualitäten von Ganglienzellen zu sprechen. Ja ich glaube ein Recht zu der Erklärung zu haben, dass dem sogenannten Gesetze der isolirten Leitung, sofern man es auf die Weise anwenden will, wie die Ganglienzellen und die Nervenfasern der Centralorgane functioniren, jetzt jede anatomische Basis entzogen ist.

Wenigstens was den grössten Theil der Provinzen des Centralnervensystems betrifft, zwingen die histologischen Thatsachen zur Annahme nicht einer isolirten Thätigkeit der Zellindividuen, sondern einer gemeinsamen Thätigkeit ausgedehnter Gruppen.

Die Nervenfaser, als Organ der centripetalen und centrifugalen Leitung, befindet sich nicht in individueller, isolirter Beziehung zu einer entsprechenden Ganglienzelle, sondern in den meisten Fällen in Verbindung mit ausgedehnten Gruppen von Zellen; aber man bemerkt auch das Gegentheil, das heisst: Jede Ganglienzelle der Centra kann mit mehreren Nervenfasern in Verbindung stehen, welche eine verschiedene Bestimmung und wahrscheinlich auch verschiedene Function haben.

Diese Thatsache verdient besser erklärt und durch einige Beispiele erläutert zu werden, welche ich ohne Schwierigkeit in meinen neueren Untersuchungen über den Bau der Lobi olfactorii und des Rückenmarks finden kann.

Nach dem, was ich schon habe feststellen können, stehen in den Lobis olfactoriis die einzelnen Ganglienzellen mit wenigstens drei Kategorien von Nervenfasern in Verbindung, deren Bestimmung und Verlauf ganz verschieden sind. So steht z. B. eine Zelle des ersten Typus mittelst seines nervösen Fortsatzes in Verbindung 1) mit den Nervenfasern des Tractus, 2) mit Fasern der vorderen Commissur, 3) mit Fasern der Corona radiata; die Verbindung ist in allen Fällen indirect. So steht auch jede Zelle des zweiten Typus mit den drei verschiedenen Kategorien von Fasern in Verbindung, aber mit dem Unterschiede, dass die Verbindung mit den Fasern des Tractus und wahrscheinlich auch mit denen der Commissur direct ist.

Auch im Rückenmarke habe ich viele Fälle von Ganglienzellen constatirt, deren nervöser Fortsatz verschiedenen Fasern den Ursprung giebt, welche nach entgegengesetzten Richtungen laufen.

Schliesslich kann man in dem grössten Theile der Nervencentra nichts von den beschriebenen individuellen und isolirten Verbindungen zwischen nervösen Zellen und Fasern bemerken, wohl aber eine darauf eingerichtete Anordnung, die möglichst grösste Complication in den Beziehungen zwischen den einen und der Anderen hervorzubringen. Und ein solches Gesetz gilt nicht nur für die einzelnen Elemente und Gruppen derselben, sondern auch für ganze Provinzen.

Hier bietet sich mir eine andere Beobachtung dar:

Auch der Begriff der sogenannten Localisation der Hirnfunctionen, wenn man ihn streng auffassen will, ist nicht in voller Uebereinstimmung mit den anatomischen Thatsachen, wenigstens könnte derselbe jetzt nur in etwas beschränktem, conventionellem Sinne angenommen werden. Wenn es z. B. erwiesen ist, dass eine Nervenfaser in Verbindung mit ausgedehnten Gruppen von Ganglienzellen ist, und dass die Ganglienelemente ganzer Provinzen und auch der benachbarten Provinzen mit einander durch ein diffuses Netz

in Verbindung stehen, zu dessen Bildung alle die verschiedenen Kategorien von Nervenzellen und -fasern eben dieser Provinzen beitragen, so ist es natürlich schwer, die strenge, functionelle Localisation zu begreifen, wie es vielfach geschieht. Höchstens könnte man von Haupt- oder Wahlstrassen der Leitungen und Provinzen sprechen, welche nicht streng abgegrenzt sind, aber wenn sie vorwiegend oder ausschliesslich gereizt werden, auch vorwiegend auf die Reizung reagiren.

Zuletzt will ich noch eine andere Frage erwähnen, von welcher schon früher bei der beschreibenden Darstellung die Rede gewesen ist, und die mit einer der Fragen in Verbindung steht, welche wir uns vorgenommen hatten, zu lösen: nämlich ob in den Nervencentren anatomische Unterschiede zwischen den Elementen bestehen, welche den verschiedenen, ihnen zukommenden functionellen Aufgaben entsprechen.

In Bezug auf diese Frage können wir sagen, dass in der That ein Unterschied besteht, welcher sich aber ausschliesslich auf das verschiedene Verhalten der nervösen Fortsätze bezieht. Aber von dem Gesichtspunkte der angeblichen Beziehung zwischen dem anatomischen Unterschiede der Elemente und ihrer Function, können wir weder in der Gestalt, noch in der Grösse der Ganglienzellen einen Anhalt finden.

Es ist jedoch wahr, dass es vorwiegend die grossen Ganglienzellen sind, welche einen nervösen Fortsatz besitzen, der in directe Verbindung mit den Nervenfasern tritt (Ganglienzellen des ersten Typus), und dass sie als motorisch oder psycho-motorisch zu bezeichnen wären; während wahrscheinlich vorwiegend die kleinen Zellen, deren nervöser Fortsatz sich aufs feinste zertheilt, um in indirecte Verbindung mit den Nervenfasern zu treten (Ganglienzellen des zweiten Typus), der sensoriellen und psychisch-sensoriellen Sphäre angehören. Aber diese Verbindungen sind so vielen Ausnahmen unterworfen, dass sich kein allgemeines Gesetz aufstellen lässt.

Dass den functionellen Unterschieden entsprechend zugleich auch chemische und andere Unterschiede vorhanden sind, lässt sich durchaus nicht ausschliessen, es ist sogar wahrscheinlich, aber von dem anatomischen Gesichtspunkte aus glaube ich behaupten zu können, dass der von mir beschriebene Unterschied wenigstens der wichtigste ist.

Am Ende dieser Untersuchung über die Ursprungsweise der Nervenfasern halte ich es für zweckmässig, in einer Reihe von Schlüssen Alles zusammenzufassen, was sich direct oder indirect auf eine so wichtige Frage bezieht.

1) Wenn man das Problem des Ursprungs der Nerven aus den verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems untersucht, findet man wohl einige secundäre Unterschiede, welche sich auf Morphologie, Anordnung und Vertheilung der Elementartheile beziehen, aber über die wesentlichen Thatsachen, über die Beziehungen zwischen Nervenzellen und -fasern herrschen constante Gesetze und vollkommene Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Provinzen.

2) Im Allgemeinen können die Nervenzellen an ihrer Gestalt, an dem besonderen Aussehen des Zellkörpers und des Kerns, an der Ursprungsweise ihrer Fortsätze, wie auch an dem Aussehen und der Verzweigungsart der letzteren von einem erfahrenen Beobachter erkannt und von anderen Zellenelementen unterschieden werden, aber keiner von den angegebenen Charakteren kann als absolut betrachtet werden, denn wenn man seinem Urtheil nur diese Angaben zu Grunde legt, so wird man oft ungewiss bleiben, ob eine Zelle für bindegewebig, oder für nervös zu halten sei, und bekanntlich widersprechen die Meinungen der Histologen einander über nicht wenige Elemente. Es giebt jedoch ein absolut charakteristisches Merkmal, wonach eine Zelle mit Sicherheit als nervös erkannt werden kann. Dieses besteht darin, dass einer der Fortsätze (immer nur einer) von allen anderen verschieden und bestimmt ist, mit Nervenfasern in Verbindung zu treten oder sich in solche umzubilden.

3) Die sogenannten protoplasmatischen Fortsätze gehen niemals, weder direct noch indirect, in Nervenfasern über; von diesen bleiben sie immer unabhängig, haben aber innige Beziehungen zu den Bindegewebszellen, weshalb man ihre functionelle Aufgabe von dem Gesichtspunkte der Ernährung des Nervengewebes aus suchen muss. Sie stellen wahrscheinlich die Wege dar, durch welche von den Blutgefässen und von den Bindegewebszellen aus der Zufluss des Nahrungsplasmas zu den Ganglienzellen stattfindet.

4) Die Ganglienzellen stehen in allen Provinzen des Nervensystems nach einem ausnahmslosen Gesetz mit den Nervenfasern durch einen einzigen ihrer Fortsätze in Verbindung, durch denjenigen nämlich, der zu Ehren des Forschers, welcher ihn zuerst zum Gegenstande genauer Untersuchung gemacht hat, der Fortsatz

von DEITERS oder der Cylinderaxenfortsatz genannt worden ist, und den wir immer den nervösen Fortsatz nennen werden. Also kann man vom Standpunkte der specifischen Function aus alle nervösen Centralzellen als monopolar betrachten.

5) Die mehrfach bemerkte Thatsache, dass die Ganglienzellen sich nur durch den einzigen nervösen Fortsatz, den sie besitzen, mit den Organen in Beziehung setzen, mittelst deren sich ihre functionelle Thätigkeit äussert (Nervenfasern der Bewegung und Empfindung), steht in Beziehung zu einer anderen von grosser Wichtigkeit, nämlich dass die Unterschiede zwischen den Zellen der Empfindung und Bewegung vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, von der Art abhängen, wie ihre Verbindung mit den entsprechenden Empfindungs- und Bewegungsfasern durch eben diesen Fortsatz bewirkt wird. Erst in zweiter Linie kommen die Verschiedenheiten der Form, der Grösse und, mit einigen Ausnahmen, der Lage der Ganglienzellen. Aus diesem Gesetze können wir offenbar den Schluss ziehen, dass man beim anatomischen Studium der Nervencentra auf die Function der Ganglienzellen mit Grund nur aus dem Verlauf der betreffenden nervösen Fortsätze schliessen kann, sowie aus der Art und Weise, wie ihre Verbindung mit den entsprechenden nervösen Faserbündeln von bekannter Function zu Stande kömmt.

6) Dass der nervöse Fortsatz immer unverzweigt bleibe und direct in den Axencylinder übergehe, ist ein Irrthum, welcher zuerst von DEITERS behauptet und dann von den Anatomen allgemein bestätigt wurde. Es ist vielmehr die Regel, dass dieser Fortsatz in grösserer oder geringerer Entfernung von seinem Ursprung aus der Zelle eine mehr oder weniger grosse Zahl von Fasern aussendet, welche ebenfalls Nervenfasern sind.

7) Das Verhalten des nervösen Fortsatzes ist nicht in allen Ganglienzellen gleich, sondern es finden sich bemerkenswerthe Unterschiede. In vielen Ganglienzellen zertheilt sich der nervöse Fortsatz auf complicirte Weise und nimmt in toto an der Bildung eines feinen, nervösen Netzes Theil, welches sich durch alle Schichten der grauen Substanz verbreitet. In anderen Zellen dagegen liefert der nervöse Fortsatz zwar einige Fasern, welche sich ebenfalls an der Bildung jenes Netzes betheiligen, gelangt aber in die Markschichten mit Erhaltung seiner eigenen Individualität und bildet daselbst wirklich den Axencylinder einer markhaltigen Nervenfaser.

8) In Bezug auf das verschiedene Verhalten des nervösen Fortsatzes in der grauen Substanz der Nervencentra kann man zwei Typen von Ganglienzellen unterscheiden, nämlich:

a) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz zwar einige Seitenfasern abgiebt, aber seine Individualität bewahrt und sich mit den Nervenfasern direct verbindet.

b) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz sich vielfach zertheilt, seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines diffusen nervösen Netzes Theil nimmt. Diese Zellen können also mit den Nervenfasern nur in indirecter Verbindung stehen.

Genaue Untersuchungen über die Vertheilung dieser beiden Typen von Zellen lassen die Annahme schon als hinreichend begründet erscheinen, dass die Zellen des ersten Typus motorisch oder psychisch-motorisch, die des zweiten dagegen sensoriell oder psychisch-sensoriell sind.

9) Die beiden von uns unterschiedenen Typen von Ganglienzellen finden sich durchaus nicht getrennt in der einen oder anderen Region der Centralorgane, sondern immer unter einander gemischt; höchsten bemerkt man in einigen Zonen, je nach ihrer verschiedenen Function, ein Vorwiegen des einen oder des anderen Typus, oder man findet, dass in derselben Zone eine Reihe von Zellen dem einen Typus, eine andere dem anderen angehört.

10) Auch die in die verschiedenen Schichten der grauen Substanz eintretenden Nervenfasern können, je nach dem Verhalten ihres Axencylinders, in zwei Kategorien unterschieden werden, nämlich:

a) Nervenfasern, deren Axencylinder, obgleich er einige secundäre Fasern abgiebt (welche sich weiter theilen und in dem diffusen Netze verlieren), seine Indivitualität behauptet und direct mit dem nervösen Fortsatze einer Ganglienzelle des ersten Typus in Verbindung tritt.

b) Nervenfasern, deren Axencylinder sich vielfach zertheilt, seine Individualität verliert und in toto an der Bildung des diffusen Netzes Theil nimmt.

Ebenso, wie wir von den beiden Typen der Ganglienzellen den einen der motorischen und psychisch-motorischen, den anderen der sensoriellen und psychisch-sensoriellen Sphäre zugewiesen haben, halten wir es

auch für wahrscheinlich, dass die erste Kategorie der Nervenfasern der Bewegung, die zweite der Empfindung angehört.

11) In allen Schichten der grauen Substanz der nervösen Centralorgane findet sich ein feines, complicirtes, diffuses nervöses Netz, zu dessen Bildung beitragen:

a) die von den nervösen Fortsätzen der Zellen des ersten Typus ausgehenden Fasern (motorische und psychisch-motorische Zellen);

b) die nervösen Fortsätze der Zellen des zweiten Typus in ihrer Totalität, indem sie sich fein zertheilen (sensorielle und psychisch-sensorielle Zellen);

c) die von denjenigen Nervenfasern ausgehenden Fibrillen, welche sich direct mit den Ganglienzellen des ersten Typus verbinden (Fasern der ersten Kategorie);

d) viele Nervenfasern in toto, diejenigen nämlich, welche ebenso wie die nervösen Fortsätze der Zellen des zweiten Typus sich in feinste Fäden zertheilen, dadurch ihre Individualität verlieren und gradweis in das fragliche Netz übergehen.

Das hier beschriebene nervöse Netz ist offenbar bestimmt, eine anatomische und functionelle Verbindung zwischen den Zellelementen ausgedehnter Zonen der centralen grauen Substanz zu vermitteln.

12) Die einzelnen Nervenfasern stehen nicht in individueller, isolirter Verbindung mit einer einzelnen Ganglienzelle, sondern in den meisten Fällen mit einer ausgedehnten Gruppe von Zellen; aber auch das Gegentheil kömmt vor, d. h. jede Ganglienzelle der Centra kann mit mehreren Nervenfasern in Verbindung stehen, welche verschiedene Bestimmung und Function haben.

13) In den Beziehungen zwischen den Nervenfasern und -zellen findet sich mehr eine offenbar directe Neigung, eine möglichst grosse Complication der Beziehungen, als die beschriebenen individuellen oder isolirten Verbindungen hervorzubringen.

14) Als nothwendige Folgerung aus dem Vorhergehenden müssen wir annehmen, dass man bis jetzt mit allzu grosser Willkür fortgefahren hat, von isolirter Leitung zwischen peripherischen Punkten und angeblichen Zellenindividualitäten der Centra zu sprechen. Bei Erwägung der oben geschilderten Thatsachen können wir ohne weiteres erklären, dass dem sogenannten Gesetze der isolirten Leitung, *sofern man es auf die Art der Functionirung der Ganglienzellen und der Nervenfasern der Centralorgane anwenden will*, jede anatomische Grundlage entzogen ist.

15) Ein fernerer Schluss aus dem Vorhergehenden besteht darin, dass der Begriff der sogenannten Localisation der Hirnfunctionen in strengem Sinne, also in dem Sinne, dass man gewisse, bestimmte Functionen streng auf die eine oder andere, scharf begrenzte Zone beziehen könne, auf keine Weise als durch die Resultate der feineren anatomischen Untersuchungen gestützt betrachtet werden kann.

III.

Morphologie und Anordnung der Nervenzellen in der vorderen centralen und oberen occipitalen Hirnwindung.

Die Untersuchungen über die Form und Anordnung der Ganglienzellen sollten in allen Provinzen des Centralnervensystems ganz von neuem angestellt werden, damit man das Problem lösen könnte, ob die Verschiedenheiten der Function an Unterschiede in der Form, Anordnung und in den Beziehungen dieser Elemente gebunden sind. Die Lösung dieses Problems ist trotzdem von mehreren Beobachtern versucht worden, und einige haben auch eine Antwort gegeben, aber man könnte nicht sagen, dass dieselbe beachtenswerth sei.

Um diese Absicht zu erreichen, dürfte keine Provinz des Centralnervensystems, keine Windung in der neuen Uebersicht vernachlässigt werden, und erst nach Durchführung dieser langen, geduldigen, analytischen Arbeit, erst nach Ordnung, Vergleichung, Bestätigung der gewonnenen Thatsachen wird man vielleicht über dieses Problem ein gegründetes Urtheil aussprechen können.

In dem weiten Gebiete, welches für diese Forschungen offen liegt, schien mir das der Hirnwindungen wegen der in neuerer Zeit an denselben ausgeführten physiologischen Experimentaluntersuchungen ein besonderes Gelegenheitsinteresse darzubieten, und daher wollte ich von hier aus die Untersuchungen in der angedeuteten Richtung beginnen.

Bei der Ausdehnung, welche diese Studien annehmen mussten, um zu begründeten Schlüssen gelangen zu können, begreift man leicht, dass ich den jetzt vorzubringenden Thatsachen nur geringen Werth beilegen kann, und in der That betrachte ich sie nur als zwei Punkte in der langen Reihe von Beobachtungen, die man wird sammeln müssen, um das Ziel zu erreichen. Jedenfalls lege ich sie vor mit der Bemerkung, dass ich bei der Auswahl dieser beiden Gegenden die Absicht hatte, einen Vergleich zwischen zwei Windungen anzustellen, denen man nach den neuesten Forschungen eine entgegengesetzte physiologische Bedeutung beilegen müsste.

Es ist wohl bekannt, dass nach den berühmten Untersuchungen von FRITZSCH und HITZIG mit fast allgemeiner Zustimmung der Physiologen den Windungen der vorderen Hälfte des Grosshirns motorische Thätigkeit beigelegt (phsycho-motorische Windungen), den Hinterhauptswindungen dagegen mehr speciell sensorielle Function zugeschrieben wird [1]).

Zu den Hirnwindungen nun, welche als Mittelpunkte verschiedener Functionen betrachtet werden und in denen man daher auch einen verschiedenen histologischen Bau voraussetzen sollte, würden in erster Linie gerade diejenigen gehören, über welche ich diese morphologische Studie vorlege, nämlich die vordere centrale und die obere Hinterhauptswindung. Diese Windungen müssten, was ihren Bau betrifft, gewissermaassen als zwei einander entgegengesetzte Typen betrachtet werden.

Da dieser Gegenstand offenbar zu denen gehört, welche eine ausführliche Entwickelung erfordern würden, so beabsichtige ich, mich für jetzt fast auf die blosse Vorlegung der Tafeln zu beschränken, auf welchen mit scrupulöser Genauigkeit in Form, Darstellung der Oertlichkeit und der Beziehungen die Zellen dargestellt sind, wie sie in meinen Präparaten zu sehen sind; als Erklärung der Tafeln werde ich nur eine Uebersicht der in den verschiedenen Zonen vorhandenen Zellenformen geben und nur einige kritische Bemerkungen über die Theilung in Schichten hinzufügen, welche in Bezug auf die Rinde der Windungen fast allgemein als richtig anerkannt werden.

Ehe ich zur Beschreibung der beiden Tafeln (7 und 8) schreite, welche die Form und Anordnung der Zellen in der vorderen centralen und in der Hinterhauptswindung darstellen, muss ich daran erinnern, dass in den letzten Jahren BETZ [2]) eine Arbeit veröffentlicht hat, mit derselben Absicht, die ich eben angegeben habe. Er will gefunden haben, dass die Rinde des vorderen Theiles des Gehirns, vor der Furche von ROLANDO, durch die Gegenwart besonderer Zellen von ausserordentlicher Grösse (Riesenpyramiden) in dem, was er die vierte Schicht nennt, ausgezeichnet sei, welche in Gruppen oder Nestern vereinigt und mit zwei Hauptfortsätzen versehen seien: einem dicken, welcher sich, seitliche Aeste abgebend, nach der Peripherie wende, und einem dünnen, welcher von dem Kerne herkomme und direct in eine Nervenfaser übergehe. Zellen mit diesen Charakteren sollen in dem hinteren Theile des Gehirns fehlen.

Auf diese Angaben gestützt, spricht BETZ die Ansicht aus, im Grosshirne beständen zwei Bezirke, welche man als zwei verschiedene Centra betrachten könne, ein Bewegungs- und ein Empfindungscentrum, so dass sich im Baue des Grosshirns der Typus des Rückenmarks wiederhole.

Der vor der ROLANDO'schen Furche gelegene Theil würde den Vorderhörnern entsprechen, der dahinter liegende den Hinterhörnern.

Dass die physiologische Lehre, welche den verschiedenen Hirnwindungen verschiedene Functionen

1) Man sehe hierüber (ausser den wohlbekannten Arbeiten von HITZIG: Das Gehirn u. s. w. — und den vielen anderen über die sogenannten psycho-motorischen Centra, welche auf jene ersten folgten) die folgenden nach, welche specieller die Hinterhauptslappen betreffen:

HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn, Centralbl. für medic. Wissenschaft, S. 548, 1874. In dieser kurzen Mittheilung wurde angegeben, dass Wegnahme der Rinde des Hinterhauptslappens Blindheit auf der entgegengesetzten Seite zur Folge hat. Diese Thatsache war schon im Jahre 1856 von BARTOLOMEO PANIZZA entdeckt worden, wie TAMBURINI nachgewiesen hat: Rivista di Freniatria, 1880.

GOLTZ, PFLÜGER's Archiv für Physiologie, Bd. 18.

FERRIER, The function of the brain, London 1875.

MUNK, Verhandlungen der Physiologischen Gesellschaft, No. 9 und 10, 1877—78; No. 4 und 5, 1878—79.

LUCIANI e TAMBURINI, Ricerche sperimentali sulle funzioni del cervello (Prima communicazione: Centri psicomotori corticali). — Ricerche sperimentali etc. (Seconda communicazione: Centri psico-sensori corticali). Revista sperimentale di freniatria, 1878—79.

2) BETZ (in Kiew), Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra, Centralbl. für die medic. Wissenschaft, No. 37 und 38, 1847. — BETZ, Ueber die feinere Structur der menschlichen Gehirnrinde, ebenda, No. 11, 12, 13, 1884.

zuweist, einen Theil der Wahrheit enthält, kann man, nach den Resultaten der experimentellen und klinischen Studien, die wir einer auserwählten Schaar moderner Physiologen und Pathologen verdanken, nicht in Abrede stellen; aber dass diese Lehre eine sicherere Grundlage bekommen muss, als es die anatomischen Angaben von BETZ sind, wird nach der Darstellung, welche ich zu geben versuchen werde, deutlich zu sehen sein.

1) Studie über die vordere, centrale Hirnwindung (Gyrus centralis anterior HUSCHKE-ECKER)[1].

Sie gehört zu den Windungen, in welchen nach MEYNERT der allgemeine, typische Bau der Hirnrinde auftritt, und in der man also fünf Schichten unterscheiden müsste (der allgemeine oder fünfschichtige Typus).

Dieselbe Unterscheidung macht HUGUENIN, welcher übrigens über diesen Gegenstand, wie über alle anderen, fast immer die Beobachtungen MEYNERT's ohne eigene Prüfung wiederholt.

Da die MEYNERT-HUGUENIN'sche Eintheilung in Schichten allgemein für die genaueste gilt, ja als Grundlage der physiologischen Untersuchungen über die Hirnrinde gebraucht wird, so glaube ich sie wählen zu müssen, um eine Uebersicht über sie zu geben und sie den aus meinen Untersuchungen hervorgehenden Thatsachen gegenüberzustellen. Sie ist folgende:

1) Schicht von kleinen, zerstreuten Nervenzellen. Ihre Dicke beträgt $^{25}/_{100}$ mm ($^{1}/_{8}$ bis $^{1}/_{10}$ von der Dicke der Rinde) und enthält ausser der Neuroglia: 1) kleine Ganglienzellen, deren Längsaxe 9—10 μ misst; ihre Gestalt ist pyramidal oder polygonal; 2) eine feine Schicht von Nervenfasern, welche an der äusseren Grenze und tangential zur Oberfläche liegen.

2) Schicht von kleinen, pyramidalen, zusammengedrängten Zellen, von der Dicke von 0,25 mm. Die Menge der kleinen, pyramidalen Zellen ist so gross, dass sie die in den Zwischenräumen liegende Neuroglia verdeckt.

3) Schicht grosser, pyramidaler Zellen (Formation des Ammonshornes). Gut dreimal dicker, als die zweite, aber die Ganglienzellen liegen nicht so dicht beisammen, wie in jener, dagegen ist ihr Durchmesser viel grösser (25—40 μ). Der von MEYNERT gebrauchte Name »Formation des Ammonshorns« rührt daher, dass er sagt, das Ammonshorn enthalte nur Zellen dieser Art.

In Bezug auf die Form der 2. und 3. Schicht erklärt MEYNERT, ihre pyramidale Gestalt beruhe auf Täuschung, die wahre Form (s. Fig. 235 in seinem Artikel »Das Gehirn« in STRICKER's Handbuch) sei spindelförmig, ihr Längsdurchmesser stehe senkrecht auf der äusseren Oberfläche der Rinde.

4) Schicht kleiner, unregelmässiger Zellen (Körnerformation). Dicke von 0,20 bis 0,25 mm. Rundliche, selten dreieckige Zellen von 8 bis 10 μ Durchmesser, einander viel mehr genähert, als die grossen Zellen der dritten Schicht. MEYNERT vergleicht diese Elemente, welche man, wie er sagt, in der Grosshirnrinde antrifft, mit den inneren Körnchen der Retina.

5) Schicht der spindelförmigen Nervenzellen (Formation des Claustrum, Vormauerformation). Sie ist die innerste der Rinde und 0,5 mm dick; ihre Zellen sind 30 μ lang. Der Höhe der Windungen gegenüber sollen diese Elemente parallel mit den Pyramiden liegen, der Furche zwischen zwei Windungen gegenüber aber horizontal. Nach der Beschreibung MEYNERT's senden diese Zellen Fortsätze aus, welche sich sämmtlich nach der Peripherie der Rinde zu richten, und aus diesem Umstande zieht er ohne weiteres den Schluss, dass sie nichts mit dem Projectionssysteme (den Bündeln der Corona radiata) zu thun haben, sondern als zu dem Associationssysteme gehörige Zellen betrachtet werden müssen. Er giebt ihnen den Namen »Vormauerformation«, weil er behauptet, das Claustrum bestehe nur aus einem Haufen von ganz gleichen Zellen.

Ich bemerke noch, dass MEYNERT nur den grossen pyramidalen Zellen der dritten Schicht einen Axencylinderfortsatz im Sinne von DEITERS zuschreibt und sie folglich für Bewegungszellen erklärt, indem er annimmt, dass sie in directer Verbindung mit den Zellen der Corona radiata (Projectionssystem) stehen, während er den kleinen, kernähnlichen Elementen der vierten Schicht sensorielle Bedeutung zuschreibt.

---

1) Gyrus frontalis ascendens einiger Autoren, vierte Stirnwindung Anderer.

Wie ungenau die anatomischen Data MEYNERT's sind, und auf wie schwachem Boden seine Theorien über die Function der einzelnen Arten von Elementen ruhen, lässt sich schon aus dem über die Nervenzellen im Allgemeinen Gesagten schliessen; in der Folge dieser Arbeit wird es sich noch deutlicher zeigen.

Was die beschriebene Schichtenbildung betrifft, so habe ich nur zu bemerken, dass dieselbe wohl mit MEYNERT's Abbildungen übereinstimmt, aber wenn man sie nicht mit den Tafeln, sondern mit den Präparaten vergleicht, nach welcher Methode diese auch angefertigt seien, so glaube ich, wird Niemand eine Uebereinstimmung finden.

Indem ich zuerst das Ganze der Hirnrinde bei Seite lasse, so will ich, ehe ich sage, ob ich eine Eintheilung, und welche ich für möglich halte, eine Uebersicht über die verschiedenen Zellenformen geben, welche in der Rinde der vorderen centralen Windung vorhanden sind, die wir als Typus derjenigen gewählt haben, die als psychisch-motorische bezeichnet worden sind.

Ich glaube, dass man folgende Typen unterscheiden kann:

1) pyramidale Zellen,
2) spindelförmige Zellen,
3) kuglige oder polygonale Zellen mit abgerundeten Ecken.

1) Pyramidale Zellen. Der Zahl nach übertreffen sie alle anderen bei weitem, und es giebt davon sehr grosse (der Breitendurchmesser beträgt 30—40 μ, der Längendurchmesser kann der Dicke der Rindenschicht entsprechen und folglich 1 $^1/_2$ mm und mehr betragen) und sehr kleine (Breitendurchmesser 10—15 μ, Länge 3—4—500 μ). Von den Winkeln der Basis, oft auch von ihrer seitlichen Oberfläche gehen zahlreiche Fortsätze aus (es können ihrer 6—8—10 und mehr sein), welche sich fortwährend gabelförmig verzweigen und auf grosse Entfernung von ihrem Ursprunge verfolgt werden können.

Unter den vielen Fortsätzen bietet nur ein einziger die Charaktere eines wesentlich nervösen Fortsatzes dar. Alle anderen weisen sich als protoplasmatisch aus.

In den meisten Fällen entspringt der nervöse Fortsatz aus der Mitte oder ein wenig nach der Seite der Basis der pyramidalen Formen, bisweilen aber auch aus der Wurzel eines der Protoplasmafortsätze von der Seite der Pyramide.

Ueber das spätere Verhalten der beiden Arten von Fortsätzen verweise ich auf die allgemeine Beschreibung, welche ich davon gegeben habe. Alle setzen sich in Verbindung mit Bindegewebszellen, welche überall vertheilt sind, besonders längs den Gefässen in den verschiedenen Schichten der Rinde.

Ich will hier bemerken, dass ich in vielen Fällen habe feststellen können, dass die in den tiefsten Rindenschichten gelegenen Zellen sich mit ihren protoplasmatischen Fortsätzen bis in die Bindegewebsschicht ausdehnen, welche in Gestalt einer zusammenhängenden submeningealen Schicht über der vorderen, centralen Windung, wie über allen anderen Windungen an der Oberfläche der Rinde vorhanden ist.

Die nervösen Fortsätze verhalten sich ebenfalls auf die im ersten Theile dieser Arbeit beschriebene Weise, d. h. sie geben zahlreiche Seitenzweige ab, welche sich weitertheilen und zuletzt ein diffuses Geflecht in der ganzen Hirnrinde bilden.

Was die Vertheilung dieses Zelltypus betrifft, so will ich jetzt nur sagen, dass sie sich nicht ausschliesslich in der einen oder anderen Schicht vorfinden, sondern sich in der ganzen Ausdehnung der Rinde finden, mit Einschluss der tiefsten Theile.

Ich werde darauf zurückkommen, wenn es sich um die Möglichkeit einer Theilung in Schichten handelt.

2) Spindelförmige Zellen. Sie gehören in Wirklichkeit fast ausschliesslich der tiefsten Schicht der Rinde an, wo die von der Corona radiata herkommenden Nervenfasern noch parallele Bündel bilden. Es ist also nicht ausgeschlossen, dass ihre besondere Gestalt von den topographischen Bedingungen ihrer Entwickelung abhängt, ich meine, dass ihre Lage zwischen parallel mit ihnen verlaufenden Bündeln von Nervenfasern nur eine Entwickelung in der Längsrichtung erlaubt hat.

Was die wesentlichen Eigenschaften betrifft, so richten sich die Spindelzellen genau nach dem allgemeinen Typus. Die Behauptung MEYNERT's, sie ständen in besonderer Verbindung mit den Nervenfasern, ist also ganz unbegründet. Ihre Protoplasmafortsätze haben die gewöhnlichen Beziehungen zu den Gefässen

und Bindegewebszellen. Ich will nur bemerken, dass einige von diesen Fortsätzen oft sehr tief eindringen und die in der Dicke der Markschicht liegenden Bindegewebszellen erreichen.

Der nervöse Fortsatz tritt vorwiegend aus einer Seite des Zellkörpers aus, wendet sich bald den Fasern zu und giebt in seinem Verlaufe einige dünne Fäden ab, welche die Neigung zeigen, sich nach oben umzubiegen, um das diffuse Netz in der grauen Substanz zu erreichen.

3) Kuglige oder polygonale Zellen mit abgerundeten Ecken. Ihre Zahl ist gering, und man kann nicht sagen, dass sie mehr einer, als der anderen Zone angehören, da man sie sowohl in der oberflächlichsten, als in der mittleren und tiefen Schicht antrifft. Ja in den tiefen Theilen, zugleich mit den Spindelzellen, finden sie sich in besonders grosser Zahl. Ihr Breitendurchmesser schwankt zwischen 12 und 20 μ, die Länge zwischen 15 und 25 μ. Sie besitzen meistens zahlreiche Protoplasmafortsätze, welche, von verschiedenen Punkten ihres Umfangs ausgehend, in den verschiedensten Richtungen sehr weit auslaufen, aber in ihrer Endigungsweise immer den allgemeinen Gesetzen folgen.

Was den nervösen Fortsatz betrifft, so zeigen diese Zellen oft eine Abweichung von dem, was man das allgemeine Gesetz nennen könnte. Während in der Regel dieser Fortsatz aus dem Theile der Zelle austritt, welcher den Nervenfasern zugewendet ist, entspringt derselbe hier oft von der entgegengesetzten Seite und wendet sich nach der Oberfläche der Rinde. Der weitere Verlauf ist verschieden; in einigen Fällen biegt er sich um, um am Verlaufe der anderen Theil zu nehmen, viel häufiger aber zerfällt er in feinste Fibrillen und verliert sich in dem diffusen, nervösen Netze. Man kann also in Bezug auf den nervösen Fortsatz dieser Zellen die Thatsache, dass er durch seine Zertheilung in feine Fasern gewissermaassen seine Individualität verliert und sich mit dem nervösen Netze vermischt, normal nennen, während sie, wie wir sahen, für andere Zellentypen die Ausnahme bildet.

Wenn wir jetzt zu der Eintheilung in Schichten zurückkehren, so wird man nach dem von mir Vorgetragenen begreifen, dass die Ansicht MEYNERT's für mich durchaus unannehmbar, weil sie durchaus willkürlich ist und auf falscher Beurtheilung der morphologischen Charaktere der in der grauen Substanz liegenden Elemente beruht. Ja, streng genommen, müsste ich sagen, dass eine wirkliche Trennung in Schichten gar nicht möglich ist, weil die Unterschiede, welche man in den verschiedenen Zonen bemerkt, so allmählich in einander übergehen, dass es unmöglich ist, zu sagen, wo die eine anfängt und die andere aufhört.

Da es jedoch nützlich und bequem ist, mit einiger Genauigkeit diese oder jene Rindenzone bezeichnen zu können, so werde ich mich, um doch eine Unterscheidung von Schichten in der Rinde der vorderen, centralen Windung anzunehmen, auf folgende drei beschränken:

1) eine obere oder oberflächliche Schicht (das obere Drittel der Rinde),
2) eine mittlere Schicht (das mittlere Drittel),
3) eine tiefe Schicht (das unterste Drittel).

Man bemerke, dass diese Unterscheidung, welche bis zu einem gewissen Grade mit der Vertheilung der Zellformen übereinstimmt, auch einigermaassen mit derjenigen zusammentrifft, welche bei Beobachtung mit unbewaffnetem Auge durch die Abstufungen der Färbung angedeutet wird.

Bei der Unterscheidung dieser drei Schichten übergehe ich die sehr dünne, oberflächliche Bindegewebsschicht unter der Meninx, welche, mehr oder weniger deutlich, an allen Windungen und auf ihrer ganzen Oberfläche vorhanden ist.

Wenn wir auch diesen rein connectiven Theil hinzurechnen, so erhalten wir also vier Schichten.

Obgleich diese angenommene Eintheilung, was die Grenzen betrifft, immer willkürlich bleibt, weil in Bezug auf die Form und Grösse der Zellen allmähliche Uebergänge vorhanden sind, so bestehen doch einige Unterschiede, und ich werde sie in der folgenden kurzen Uebersicht angeben.

1) Erste oder oberflächliche Schicht. (Tafel 7.) Sie besteht fast ausschliesslich aus pyramidalen, ziemlich kleinen Zellen, welche bei dem Uebergange in die darunter liegende Schicht ein wenig grösser werden. Auch die von mir als kugelig oder polygonal bezeichneten Zellen kommen in geringer Menge darin vor.

2) Zweite oder mittlere Schicht. Wir finden darin pyramidale Zellen, welche man als mittlere und grosse bezeichnen kann. Die zweiten finden sich vorwiegend in der Nähe der unteren Grenze der Schicht.

In Bezug auf diese letzteren mache ich darauf aufmerksam, dass es nicht schwer ist, den aus ihrer Spitze kommenden Fortsatz ganz bis zu seiner Ankunft in der submeningealen Bindegewebsschicht zu verfolgen. Trotz seinen wiederholten Gabelungen und seitlichen Verzweigungen finden wir, dass seine letzten Abkömmlinge in der Bindegewebsschicht noch eine bemerkenswerthe Dicke haben.

Neben den grossen und mittleren finden sich noch andere, ebenfalls pyramidale Zellen, welche zu den kleinsten, in der Rinde vorkommenden gehören.

3) Dritte oder tiefe Schicht. Der Gestalt der Zellen nach findet sich hier die grösste Abwechselung, aber die Spindelzellen wiegen vor. Die kugeligen, polygonalen und atypischen sind hier mehr, als anderswo, vertreten, und auch an pyramidalen, mittelgrossen und kleinen fehlt es nicht. Ferner trifft man in dieser Schicht die grössten Unregelmässigkeiten in der Anordnung der Zellkörper und in der Ursprungsweise und Richtung ihrer nervösen Fortsätze. Was die Richtung betrifft, so beobachte ich ziemlich häufig schief gestellte oder horizontal liegende Zellen. Hier habe ich in grosser Mehrzahl Zellen angetroffen, deren nervöser Fortsatz in der Richtung nach der freien Oberfläche abgeht; unter den verschiedenen anderen Abweichungen von der typischen Anordnung erwähne ich noch Zellen von entschieden pyramidaler Form, welche in umgekehrtem Sinne liegen, als in dem, welchen man normal nennen könnte, nämlich mit der Spitze nach unten und der Basis nach oben.

Bei den wenigen Typen dieser Art, welche ich angetroffen habe, ging der nervöse Fortsatz von der Basis der Pyramide aus und wendete sich nach der Peripherie.

2) Untersuchung über die obere Hinterhauptswindung (hinteres Ende).

Sie gehört zu den Windungen, welche auch von Clarke speciell untersucht wurden, der darin bekanntlich sieben concentrisch angeordnete Schichten unterschied. Um unnütze Wiederholungen der von ihm gegebenen Beschreibung zu vermeiden, werde ich mich darauf beschränken, an seine Behauptung zu erinnern, in der Rinde des Endes des hinteren Lappens »seien alle Zellen klein«. Dagegen will ich noch die am meisten verbreitete Eintheilung von Meynert-Huguenin anführen, um ihr diejenige gegenüberzustellen, welche nur eine einzige annehmen möchte und mir die wichtigste zu sein scheint.

Der von Meynert-Huguenin unterschiedenen Schichten sind nicht weniger als acht, nämlich:

1) Schicht, welche vollkommen derjenigen entspricht, welche als erste des allgemeinen Typus bebeschrieben worden ist.

2) Schicht, ähnlich der zweiten des allgemeinen Typus (kleine pyramidale Zellen).

3) Die Schicht der grossen Pyramidenzellen würde fehlen. Dagegen fände sich eine Schicht von Kernen, welche denselben Bau zeigte, wie die vierte Schicht des allgemeinen Typus.

4) Eine Schicht von sehr wenigen, aber auffallend grossen Pyramidenzellen. Diese Zellen nennt Meynert wegen ihrer geringen Zahl »vereinzelte Zellen«.

5) Eine Schicht von Kernen, ähnlich der, welche Meynert für die Stirnwindungen annimmt.

6) Schicht, ähnlich der unter 4 beschriebenen. Sie enthält die Elemente der Neuroglia, zwischen denen sich grosse vereinzelte Zellen in kleiner Zahl befinden.

7) Schicht von kleinen Zellen mit gerundetem Kerne.

8) Die achte Schicht endlich bestände aus spindelförmigen Zellen, welche nach Form und Anordnung keine Abweichung von dem allgemeinen Typus zeigen.

Also würden sich nach Meynert die Windungen des Hinterhauptlappens durch das Vorwiegen der sogenannten Körnchen auszeichnen, aus welchen drei Schichten bestehen würden.

Wenn ich auch für diese Windung die verschiedenen, darin vorkommenden Zellenformen in Gruppen ordnen wollte, so müsste ich, wie ich es für die Centralwindung gethan habe, drei Haupttypen unterscheiden, nämlich: 1) pyramidale Zellen, 2) spindelförmige und 3) kuglige oder unregelmässige Zellen; in Bezug auf die wesentlichen Merkmale müsste ich genau das wiederholen, was ich von den Nervenzellen im Allgemeinen und von denen der Centralwindung im Besonderen gesagt habe, und das wäre überflüssig.

Daher will ich über die Zellen der Hinterhauptswindung nur so viel bemerken, dass hier die kleinen uud kleinsten Zellen in etwas grösserer Zahl vorkommen, dass aber auch diese letzteren einen deutlich aus-

geprägten Zellencharakter zeigen und immer mit vielen und langen Fortsätzen versehen sind, unter denen man mit aller Klarheit den charakteristischen, nervösen Fortsatz unterscheiden kann. Dabei fehlt es durchaus nicht an mittleren, grossen und sehr grossen pyramidalen Ganglienzellen von ganz derselben Beschaffenheit, wie die, welche man in der vorderen Centralwindung antrifft, und man kann nicht sagen, dass diese letzteren Zellen in der Hinterhauptswindung seltener vorkommen, als in der vorderen Centralwindung.

Was die Schichtenfrage betrifft, so ist es unnöthig, zu erklären, dass die Eintheilung MEYNERT's (in acht Schichten) durchaus unbegründet ist. Unter Anderem wüsste man nicht, auf welche Theile man die drei Körnchenschichten beziehen sollte, denn von Elementen, welche die Bezeichnung »Körnchen« verdienen, wäre es auch nur in dem Sinne kleiner Zellen ohne Fortsätze, finden wir weder in dieser Windung, wie aus den Tafeln erhellt, noch in anderen eine Spur.

Ich für mein Theil muss auch in Bezug auf diese Rindenzone erklären, dass ich in ihr weder eine wirkliche Theilung in Schichten, noch eine regelmässige Vertheilung der verschiedenen Typen von Elementen erkennen kann, wenn man aber zur Erleichterung der Beschreibung und Orientirung eine annehmliche Eintheilung vornehmen will, glaube ich, dass man, immer mit Weglassung der oberflächlichen Bindegewebsschicht, drei Schichten annehmen könnte; nämlich:

1) die erste oder oberflächliche,
2) die zweite oder mittlere,
3) die dritte oder tiefe Schicht.

1) Erste oder oberflächliche Schicht. In Bezug auf Grösse, Gestalt und Anordnung wäre es schwer, auffallende Unterschiede im Vergleich mit der entsprechenden Schicht der vorderen Centralwindung aufzufinden. Die Zellen sind auch hier in der grossen Mehrzahl von pyramidaler oder dreieckiger, mehr oder weniger regelmässiger Gestalt, mit in der Regel nach der freien Oberfläche gewendeten Spitze. Was die Grösse der Zellkörper betrifft, so zeigen genaue Messungen, dass eigentlich kein Vorwiegen der kleinen Zellen besteht, indem kleine und mittelgrosse Zellen in ungefähr gleicher Anzahl vorhanden sind; man bemerkt jedoch, dass im Ganzen die Elemente dieser Schicht denen der darunter liegenden an Grösse nachstehen.

Der einzige Unterschied, welchen man bei Vergleichung der Hinterhaupts- und der vorderen Centralwindung bemerken kann, besteht darin, dass in der ersteren die erste Reihe von Zellkörpern in auffallend geringerer Entfernung von der Oberfläche liegt, als in der Centralwindung. Dem entsprechend haben hier (in der oberen Hinterhauptswindung) die Nervenzellen der letzten Reihen nach der Oberfläche zu eine gedrungenere Gestalt (weil die Protoplasmafortsätze der Spitze schneller ihr Ende erreichen), als die entsprechenden Zellen der Centralwindung. Wahrscheinlich hängt dieser Unterschied nur von der stärkeren oder schwächeren Entwickelung des Bindegewebes ab, da man bemerkt, dass dieses in den Parietal- und Frontalwindungen immer reichlicher vorhanden ist.

2) Zweite oder mittlere Schicht. Sie ist vorwiegend, ebenso wie die entsprechende Schicht der vorderen Centralwindung, von pyramidalen Zellen von mittlerer und bedeutender Grösse bevölkert, aber einige kleine sind nicht ausgeschlossen. Die grossen überwiegen in den tiefen Theilen der Schicht, wo man sie in ziemlich regelmässigen Abständen, aber in verschiedener Höhe liegen sieht.

Auch hier habe ich oft den von den Spitzen der Pyramiden ausgehenden Fortsatz und seine Zweige (welche sehr zahlreich sind und sich gabelartig theilen) bis zu ihrer Ankunft in der submeningealen Bindegewebsschicht verfolgen können.

3) Dritte oder tiefe Schicht. Diese zeigt die auffallendsten Unterschiede, nicht nur bezüglich der ersten und zweiten Schicht dieser selben Windung, sondern auch von der entsprechenden Schicht der Centralwindung. Man findet darin alle beschriebenen Zellentypen und alle Grössenverhältnisse. Man findet darin in ziemlich grosser Menge Spindelzellen, aber vielleicht etwas weniger, als in der Centralwindung. Kuglige und polygonale Zellen kommen fast nur hier vor. Wir bemerken auch in bedeutender Menge mittelgrosse pyramidale Zellen, die kleinen sind noch etwas häufiger. Endlich muss auch die Gegenwart einzelner Pyramidenzellen erwähnt werden, welche zu den grössten gehören, die man in der Hirnrinde antreffen kann.

Eine von diesen sieht man auf Tafel 8 genau dargestellt unten in der tiefsten Zone, wo die Nervenbündel (welche auf dieser Tafel, um Verwirrung zu vermeiden, weggelassen sind) eben anfangen auseinanderzuweichen. Man bemerke, dass der Fortsatz aus der Spitze der Pyramide bis zu seiner Ankunft in der Bindegewebsschicht verfolgt werden kann. Die Länge dieser Zellen ist also gleich der Breite der ganzen Rindenschicht. Die genaue Entfernung ihrer Basis von dem Ende ihrer Verlängerung an der Spitze betrug nach meiner Messung $1^1/_2$ mm, die Breite 30 μ.

Ueber das allgemeine Aussehen dieser dritten Schicht können wir sagen, dass ihr auffallendster Charakter in einer grossen Menge sehr kleiner Nervenzellen besteht, von kugliger, pyramidaler oder auch spindelförmiger Gestalt, welche immer mehrere Fortsätze besitzen (aber nur einen einzigen nervösen) und in der tiefsten Zone der Rinde (aber ohne deutliche Grenze) liegen. Diese Zone liegt in einem Niveau, wo man bei unbewaffnetem Auge, seiner weissen Farbe wegen, glauben sollte, das Gewebe bestehe allein aus Nervenfasern.

Wenn wir jetzt zum Schlusse die gegebene Uebersicht der Typen der Ganglienzellen, welche der vorderen centralen und der oberen Hinterhauptswindung angehören, welche wir zum Vergleich gewählt haben, zu Grunde legen und uns bemühen wollen, zu erforschen, ob zwischen diesen beiden Windungen Grundunterschiede der anatomischen Organisation vorhanden sind und worin sie bestehen, so meine ich, dass, abgesehen von ihrer Dicke, der einzige bemerkbare Unterschied die dritte oder tiefe Schicht betrifft und in der zuletzt angegebenen Thatsache besteht, dass sich in ihr zahlreiche kleine Nervenzellen vorfinden, welche über eine ziemlich beschränkte, in dem tiefsten Theile dieser Schicht gelegene Zone vertheilt sind.

Dass man diesem einzigen Unterschiede bei der Erklärung der physiologischen Thatsachen ein grosses Gewicht beilegen könne, scheint mir wenig glaubhaft; und wenn ich die vorgetragenen Thatsachen in Betracht ziehe, so scheint es mir, dass die entgegengesetzte Meinung viel besser gerechtfertigt wäre, nämlich dass die den verschiedenen Hirnwindungen zukommenden Functionsunterschiede nicht in den histo-morphologischen Eigenthümlichkeiten der Windungen selbst begründet sind, sondern in dem Verlaufe und den peripherischen Beziehungen der Nervenbündel, welche aus den Windungen entspringen. Die Specificität der Function der verschiedenen Hirnzonen (Windungen u. s. w.) stände dann in Beziehung nicht mit der anatomischen Organisation der Zonen selbst, sondern mit der Specificität der Organe, in welche die Fasern peripherisch auslaufen, welche aus denselben Zonen entsprungen sind.

IV.

Ueber die feinere Anatomie der Windungen des Kleinhirns.

Ueber den feineren Bau der Kleinhirnwindungen sind noch verschiedene Punkte dunkel und strittig, und nicht wenige Unrichtigkeiten werden allgemein als bewiesene Thatsachen angenommen.

Um einige dieser dunklen Punkte aufklären und die Grundlosigkeit mancher Behauptungen nachweisen zu können, habe ich auch auf diesen Theil des Centralnervensystems die neuen, feineren Untersuchungsmethoden angewendet und eine Reihe von Thatsachen gesammelt, welche mir in ihrem Ganzen einen merklichen Fortschritt zu der genaueren Kenntniss des Baues dieses Organs darzustellen scheinen.

Ich werde diese Resultate nach und nach auseinandersetzen, indem ich eine methodische Uebersicht der verschiedenen Schichten gebe, welche man in jeder Kleinhirnwindung unterscheiden kann.

Indem ich mich auf diese Darstellung beschränke, möchte ich die Aufmerksamkeit besonders auf die Abbildungen lenken, welche ich zur Ausstattung dieses Theiles meiner Arbeit zusammengestellt habe (Tafel 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16), welche schon für sich, besonders wenn sie mit den mehr ins Einzelne gehenden Abbildungen verglichen werden, welche die neuesten Abhandlungen über Anatomie und Histologie begleiten, sowie mit den speciellen histologischen Arbeiten über das Kleinhirn [1]), auf den ersten Blick viele von den

---

1) Man sehe z. B. die Figuren 252 und 253 auf Seite 432 und 434 der Allgemeinen Anatomie von KRAUSE, Fig. 259 auf Seite 793 des Handbuchs von STRICKER (verf. von MEYNERT) und Fig. 175, 176, 177, 178, 179 auf Seite 262—265 der Abhandlung über Anatomie von HENLE (Nervenlehre, Ausg. 1879).

Thatsachen erkennen lassen, welche ich zu beschreiben haben werde, so dass man den Werth der von mir angewendeten Untersuchungsmethoden wird beurtheilen können.

Wenn wir mit unbewaffnetem Auge einen Querschnitt durch eine Kleinhirnwindung betrachten, so können wir in ihr drei Schichten wahrnehmen, welche sich durch ihre Farbe unterscheiden: eine äussere Schicht von röthlichgrauer Farbe, eine mittlere von lebhafterem Roth und eine innere weissliche oder weissröthliche.

Diese, ohne Vergrösserung sichtbare Eintheilung bewährt sich auch bei histologischer Untersuchung. Auch unter dem Mikroskop unterscheiden wir in jeder Kleinhirnwindung drei Schichten, welche ich mit den allgemein gebräuchlichen Namen bezeichnen will:

1) oberflächliche oder moleculäre Schicht,
2) mittlere oder Körnerschicht,
3) innere oder Nervenfaserschicht.

1) Moleculäre Schicht. Sie verdankt diesen ihren Namen dem feinkörnigen Aussehen, welches ihr Gewebe zeigt, wenn man es nach den gewöhnlichen Methoden untersucht. Dieses Aussehen findet sich in allen Schichten der grauen Substanz, besonders in der der Rinde der Kleinhirnwindungen.

Da ich für jetzt nicht auf die verwickelte Frage über die wahre Beschaffenheit dieses anscheinend körnigen Gewebes eingehen will, so gehe ich ohne weiteres zur Aufzählung der diese Schicht bildenden Elemente über.

Ich betrachte als zu ihr gehörig folgende Elemente:

1) Eine Reihe grosser Nervenzellen, die sogenannten Zellen von PURKINJE, welche in regelmässiger Reihe längs der inneren Grenze der Schicht liegen, mit wenig Unterschied im Niveau.

2) Eine grosse Menge von kleinen Nervenzellen, welche in der ganzen Dicke der Schicht ohne bestimmte Ordnung vertheilt sind.

3) Bindegewebszellen und Fasern in grosser Menge.

4) Nervenfasern.

Grosse Nervenzellen oder Zellen von PURKINJE. Von kugliger oder birnförmiger Gestalt und in der angegebenen Grenzzone zwischen der oberflächlichen und mittleren Schicht liegend, schicken sie ohne Ausnahme ihren einzigen nervösen Fortsatz nach der Körnchenschicht, während nach der entgegengesetzten Richtung 2, 3 oder mehr protoplasmatische Fortsätze verlaufen, welche in sehr schiefer Richtung in die moleculäre Schicht eintreten, oft fast horizontal und mit der Oberfläche parallel. Längs dem Verlaufe dieser ersten dicken Fortsätze zweigen sich zahlreiche secundäre Fasern ab, welche dagegen vertical nach der Oberfläche streben, dabei aber immer schiefe Zweige abgebend, welche ihrerseits vorwiegend parallel mit den secundären Zweigen und also senkrecht zur Oberfläche verlaufen. Diese Aufeinanderfolge von schiefen und senkrechten Theilungen wiederholt sich, bis das System protoplasmatischer Verästelungen, nun in sehr feine Fäden umgewandelt, die freie, submeningeale Oberfläche erreicht hat (das Stratum connectivum limitans), wo die einzelnen Zweige auf die bei den Nervenzellen des Grosshirns beschriebene Weise endigen, also mit Gefässwänden oder Bindegewebszellen der Randschicht in Verbindung treten.

Während dieses Verlaufs geben die beschriebenen protoplasmatischen Zweige, sowohl die feineren (von 3. und 4. Ordnung) als die gröberen (von 1. und 2. Ordnung) fortwährend feine Fasern ab, welche, abweichend von den ersten, sich auf ganz unregelmässige Weise weiter theilen und verlaufen, sich nach allen Richtungen wenden und die von den dickeren Aesten gelassenen Zwischenräume ausfüllen.

Unter den protoplasmatischen Verzweigungen jeder Zelle könnte man also unterscheiden: 1) ein Grundsystem von Aesten, welche direct nach der Oberfläche der Molecularschicht hinstreben, in mehr oder weniger senkrechter Richtung zu dieser Oberfläche; 2) ein secundäres System von feinen Verzweigungen, welche die verschiedensten Richtungen einschlagen und ganz unregelmässig verlaufen.

Die Folge von diesem ganzen, complicirten Verästelungssysteme ist, dass, wenn die schwarze Reaction vollkommen gelungen ist, die Molecularschicht in ihrer ganzen Ausdehnung von einem dichten Fadengeflechte eingenommen erscheint. Wenn man bei schwacher Vergrösserung untersucht, empfängt man den Eindruck, es handle sich um ein Netz, aber eine genaue Prüfung bei stärkerer Vergrösserung (schon bei 300 Durchm.)

zeigt, dass es sich um ein dichtes, complicirtes Geflecht handelt, von welchem man wohl nur durch Abbildungen eine der Wahrheit nahe kommende Vorstellung geben kann (s. besonders Tafel 10 und 11).

Besonders möchte ich über das Verhalten der Protoplasmafortsätze dies hervorheben, dass aus ihnen durchaus niemals Nervenfasern entspringen, weder direct, auf die von HADLICH und OBERSTEINER beschriebene Weise, noch indirect, indem sie sich in ein feines Netz auflösen, aus welchem Nervenfasern entspringen, wie BOLL behauptet hat, welcher versicherte, die Umbildung der Protoplasmafortsätze in Nervenfasern gesehen zu haben, was offenbar auf blosser Vermuthung oder willkürlicher Deutung beruht.

Interessanter für den centralen Ursprung der Nervenfasern ist das Verhalten des nervösen Fortsatzes der PURKINJE'schen Zellen.

Diesen Fortsatz, welcher aus dem nach der Körnchenschicht gewendeten Theile des Zellkörpers entspringt, sieht man in meinen Präparaten auf den ersten Blick, auch bei den schwächsten Vergrösserungen, diese Schicht bald in geradlinigem, bald gewundenen Verlaufe, bisweilen auch mit ziemlich verwickelten Krümmungen durchziehen, um in die Markschicht einzutreten, in welcher er, mit Bündeln von Nervenfasern vereinigt, oft grosse Strecken weit verfolgt werden kann.

Während dieses Verlaufs bleibt er nicht einfach, wie die Beobachter seit DEITERS versichert haben, welchem es gelang, ihn in frischem Zustande eine Strecke weit zu verfolgen, sondern in Zwischenräumen, besonders während er die erste Hälfte der Körnerschicht durchzieht, giebt er seitlich Fasern ab, welche ihrerseits wieder Fäden aussenden, die sich wieder theilen.

In Bezug auf dieses von dem nervösen Fortsatze der PURKINJE'schen Zellen ausgehende Fasersystem verdient besonders die Neigung vieler dieser Fäden hervorgehoben zu werden, sich nach der Oberfläche der Windungen umzubiegen und in die Molecularschicht einzutreten (s. besonders Tafel 11), um einen Theil des complicirten Systems von Nervenfasern auszumachen, welches sich daselbst befindet.

Ich bemerke hier im Vorübergehen, dass zur Bildung dieses Systems von Nervenfasern offenbar auch die nervösen Fortsätze der kleinen Ganglienzellen beitragen, welche in dieser Schicht in grosser Menge zerstreut liegen.

Kleine Nervenzellen der Molecularschicht. Während man sagen kann, dass das Vorhandensein von Nervenzellen in der Molecularschicht allgemein geleugnet wird, kann ich im Gegentheil behaupten, dass die Elemente dieser Natur in dieser Schicht in ziemlich bedeutender Zahl angetroffen werden; man kann sogar berechnen, dass in einem bestimmten Raum die Ganglienzellen ungefähr in ebenso grosser Menge vorhanden sind, als in einem entsprechenden Raume der Grosshirnrinde (s. Tafel 4). Sie liegen in der ganzen Ausdehnung der Molecularschicht zerstreut, von dem Grunde, im Niveau der PURKINJE'schen Zellen bis zur unmittelbaren Berührung mit der bindegewebigen Grenzschicht. Ihr Durchmesser beträgt ungefähr 6—12 μ. Der Form nach zeigen sie bedeutende Unterschiede. Es giebt kugelförmige, und dies sind die meisten, eiförmige, spindelförmige, dreieckige, konische, etc. mit allen Uebergangsformen. Sie besitzen 4, 5, 6, auch mehr Fortsätze, welche sich zierlich und verwickelt gabeln, über deren Beschaffenheit dasselbe gilt, wie über die Nervenzellen im Allgemeinen: also nur einer davon kann für wesentlich nervös gelten; er ist bestimmt, eine Reihe von Nervenfasern abzugeben oder mit dieser Art von Elementen in Verbindung zu treten; alle anderen haben die Eigenschaften der protoplasmatischen Fortsätze.

Die Protoplasmafortsätze der in den tiefen Theilen der Molecularschicht gelegenen Zellen wenden sich im Allgemeinen nach der Peripherie des Kleinhirns, so dass sie oft den äussersten Rand der Windung berühren. Bei den an der Peripherie der Molecularschicht liegenden Zellen ist die Richtung der Protoplasmafortsätze bisweilen umgekehrt, sie laufen nach unten, nach der Körnerschicht zu. Gewöhnlich aber findet man an dieser Stelle, wie auch weiter unten, gegen die Mitte der Schicht, keine bestimmte Richtung derselben: viele verlaufen horizontal, um sich in der Richtung zur Körnerschicht oder nach der Peripherie umzubiegen, andere wenden sich nach der Peripherie, andere nach dem Innern.

Ueber den Ausgangspunkt des nervösen Fortsatzes giebt es kein bestimmtes Gesetz; man sieht ihn bald von einer Seite der Zelle, bald von dem nach der Molecularschicht, bald von dem nach der Oberfläche zu liegenden Theile derselben ausgehen. Diese Unregelmässigkeit hängt offenbar davon ab, dass er nicht bestimmt ist, direct auf nervöse Faserbündel zuzulaufen, welche eine bestimmte Richtung haben, sondern

einen Theil des Geflechtes von Nervenfasern ausmachen soll, welches über die ganze Molecularschicht zerstreut ist.

Wenn man das Verhalten dieses Fortsatzes zum Gegenstande einer ins Einzelne gehenden Prüfung macht, welche bei dem Studium der centralen Ursprungsweise der Nervenfasern nicht unterlassen werden darf, so kann man verschiedene Einzelnheiten wahrnehmen, welche Beachtung verdienen. In geringer Entfernung von seinem Ursprunge (6, 10, 20 μ) beginnt er, Fäden von äusserster Feinheit auszusenden, welche ihrerseits sich weiter theilen, wie es bei vielen Ganglienzellen (vom zweiten Typus) der Grosshirnrinde der Fall ist, mit dem Unterschiede, dass die Zweige viel feiner sind und in geringeren Entfernungen auf einander folgen. Durch die wiederholten Theilungen verliert der nervöse Fortsatz sehr bald den Charakter eines individualisirten Fadens, um sich mit dem diffusen Fasergewebe zu vermischen.

Es giebt nun in dem Verhalten des nervösen Fortsatzes viele Abweichungen, von denen einige wohl zu beachten sind. So zum Beispiel steigt er bisweilen bis fast zum Niveau der Zellen von Purkinje hinab, um dann wieder in die Höhe zu steigen. So bildet er eine Schlinge von verschiedener Weite und giebt beständig auf diesem langen Wege seitliche Fäden ab. Bisweilen macht er seltsame Krümmungen nach verschiedenen Richtungen, oft, wie ich besonders in dem tiefen Theile der Molecularschicht beobachtet habe, nimmt er bei seinem Austritt aus der Zelle einen entschieden horizontalen Verlauf, den er auf eine lange Strecke behält, zahlreichen aufsteigenden, aus der Körnerschicht kommenden Nervenfäden Aufnahme gewährend; oft auch zerfällt er in geringer Entfernung von seinem Ursprunge in 4, 5, 6 und mehr verzweigte Fasern, welche in kurzer Entfernung eine aus der anderen entspringen und fast senkrecht bis in die Nähe der Körnerschicht hinabsteigen, wo sie sich der Beobachtung entziehen.

In dem Verhalten dieses nervösen Fortsatzes wiederholt sich also ungefähr dasselbe, was bei den Nervenfasern vor sich geht, so dass die Vermuthung wohl begründet erscheint, dass die aus diesem Fortsatze austretenden Fibrillen mit den Nervenfasern in Verbindung treten. Aber über die Verbindung der Ganglienzellen mit den Nervenfasern werden wir bei der Beschreibung des Verhaltens dieser letzteren noch weiter zu sprechen haben.

Bindegewebszellen (Gliazellen und -fasern) und -fasern der Molecularschicht. Das Bindegewebsstroma ist in der oberflächlichen Schicht der Kleinhirnrinde reichlich vertreten; doch muss man sagen, dass in seiner Dicke die Bindegewebszellen sehr sparsam vorhanden sind. Dagegen sind Fasern (Fortsätze der Bindegewebszellen) in Menge zu sehen, welche, dasselbe in seiner ganzen Breite radial durchziehend, eine ziemlich dichte Hecke bilden (s. Taf. 16).

Die Bindegewebsfasern, welche auf diese Weise die Molecularschicht durchsetzen, stammen zum Theil von einer Schicht von Bindegewebszellen her, welche auf der freien Oberfläche jeder Windung liegt und in das Innere der Schicht zahlreiche faserige Fortsätze aussendet, welche man häufig bis in die Körnerschicht verfolgen kann; zum Theil, und vielleicht vorwiegend, kommen sie von Bindegewebszellen her, welche in der peripherischen Zone der Körnerschicht oder noch tiefer liegen.

Auch dieses System von Fasern, welche von den in der Körnchenschicht liegenden Zellen herstammen, kann man nicht selten in seinem ganzen Verlaufe durch die Molecularschicht verfolgen, bis zu ihrer Oberfläche.

Endlich habe ich noch zu bemerken, dass auch in der Dicke der Molecularschicht deutliche Bindegewebszellen, wenn auch in geringer Zahl, vorhanden sind, deren Fortsätze, von den entgegengesetzten Polen des Zellkörpers ausgehend, vertical nach der freien Oberfläche oder nach der Körnchenschicht laufen.

Nervenfasern. Wir finden sie in beträchtlicher Menge, nicht nur in dem tiefsten Theile, sondern auch in den mehr oberflächlichen Zonen. Das Verhalten der Nervenfasern in der Molecularschicht und besonders den typischen Plexus, welchen sie ungefähr im inneren Drittel bilden, werde ich besonders behandeln, wenn ich den allgemeinen Verlauf der aus der Markschicht herkommenden Nervenfasern beschreiben werde.

Nach dieser Uebersicht über die Elemente, welche die Molecularschicht bevölkern, will ich an die Beschreibungen erinnern, welche einige der angesehensten modernen Anatomen und Histologen von dieser Schicht geliefert haben.

Nach HENLE [1]) besteht das Gewebe der äusseren Schicht der Kleinhirnrinde aus einer etwas modificirten, feinkörnigen, gelatinösen (?) Substanz, welche nur wenige sternförmige Bindegewebszellen und einige Körnchen enthält. Diese selbe Schicht soll nach der Beschreibung von MEYNERT sehr reich an einer bindegewebigen Grundsubstanz sein, welche der netzförmigen, molecularen Grundsubstanz der Grosshinrinde entsprechen würde. In dieser Substanz zerstreut fänden sich, ausser anscheinend freien Kernen der Bindegewebssubstanz, kleine, dreieckige und spindelförmige nervöse Körper, deren nervöse Natur jedoch wegen der leichten Zersetzbarkeit ihres Protoplasmas noch viel schwerer festzustellen sei, als in der Grosshirnrinde. KRAUSE [2]) spricht in seiner Beschreibung der Molecularschicht (dem ersten und zweiten der drei Theile, in welche er diese Schicht theilt) nicht von Nervenzellen. HUGUENIN [3]) beschränkt sich darauf, zu versichern, dass in der fraglichen Schicht sehr wenige drei- und viereckige Nervenzellen zu finden seien.

Um auch an die histologischen Specialstudien über den feineren Bau der Kleinhirnwindungen zu erinnern, will ich erwähnen, dass BOLL [4]) in seiner Arbeit über diesen Gegenstand auf die von ihm sich selbst vorgelegte Frage, ob in der Molecularschicht ausser den PURKINJE'schen noch andere Nervenzellen vorhanden seien, entschlossen mit »Nein« antwortet. »In der Molecularschicht«, sagt er (S. 77), »kenne ich nur die oben genannten Kerne mit doppeltem Umriss, welche man der molecularen Bindegewebssubstanz zurechnen muss; sie sind in der ganzen Rindenschicht ziemlich gleichmässig vertheilt, und ausser ihnen finden sich auch einige isolirbare Bindegewebszellen, welche jedoch auf die freie Randschicht der Kleinhirnrinde beschränkt sind.«

2) Zweite Schicht oder Körnchenschicht. Sie erhielt den Namen »Körnchenschicht« von der Idee, welche frühere Histologen über die Natur der Elemente hatten, welche vorwiegend darin vorkommen, und einige moderne immer noch haben.

Obgleich aus der jetzt zu gebenden Beschreibung hervorgeht, dass man diese Ansicht jetzt wesentlich ändern muss, so halte ich es doch für überflüssig, der Schicht einen anderen Namen zu geben, denn der bisher gebräuchliche drückt jedenfalls ihren am meisten hervortretenden Charakter aus, wie er sich bei den gewöhnlichen Präparationsmethoden darstellt, da die Natur der kleinen Nervenzellen, als welche wir die sogenannten Körnchen jetzt erkennen müssen, nur mittelst besonderer Behandlungsweisen hervortritt.

Der Körnerschicht muss man, wenn man die Nervenfasern bei Seite lässt, deren Beschreibung besser bei der Untersuchung der Markschicht anzubringen ist, folgende Elemente zurechnen:

1) die sogenannten Körnchen (sehr kleine Nervenzellen),
2) grosse Nervenzellen,
3) Bindegewebszellen.

Körnchen. Wenn ich, als übermässig lang, die Uebersicht über die von den Histologen über die Natur dieser Elemente geäusserten Ansichten weglasse, woraus hervorgehen würde, dass viele (die Mehrzahl) diese sogenannten Körnchen dem Bindegewebe beigesellt, andere sie für nervös erklärt haben, wenn ich also diese Uebersicht weglasse, so will ich über diesen Gegenstand nur bemerken, dass die Discussion bis jetzt fast ganz der Grundlage entbehrt hat, denn es fehlte an einem Mittel, um die morphologischen Charaktere der Körper zu erkennen, um die es sich handelte. Zum Beweis dafür erinnere ich daran, dass BOLL auch diejenigen Elemente der Körnerschicht zu den nervösen rechnete, welche dem Bindegewebe angehören. Er sagt nämlich, die nervöse Natur eines jeden dieser mit Fortsätzen versehenen Elemente werde durch die Pigmentirung des Zellkörpers angezeigt; nun pflegen aber in der Körnerschicht des menschlichen Kleinhirns gerade die strahligen Bindegewebszellen pigmentirt zu sein, während es unter normalen Verhältnissen am wenigsten die Körnchen, aber nicht einmal die grossen Nervenzellen sind. Uebrigens gehört BOLL zu denjenigen, welche die eigentlich sogenannten Körnchen zu dem Bindegewebe rechnen.

Also auf Grund der neuen Kriterien, eine Folge der feinen Reaction, durch welche ich vermocht habe,

1) HENLE, Handbuch der Anatomie. Nervenlehre, S. 267, Braunschweig 1879.
2) W. KRAUSE, Allgemeine und mikroskopische Anatomie, Hannover 1876.
3) HUGUENIN, Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems. Anatomische Einleitung, Zürich 1873, S. 293.
4) F. BOLL, Die Histiologie und Histiogenese der nervösen Centralorgane, Berlin 1873.

die Form der fraglichen Elemente in allen ihren Einzelnheiten zur Erscheinung zu bringen (s. Taf. 14), muss ich erklären, dass diese sogenannten Körnchen echte, kleine Nervenzellen sind (die kleinsten Nervenzellen, welche in unserem Organismus vorkommen).

Wie aus Taf. 14 folgt, auf welcher das Aussehen der Körnchen bei ungefähr 300-maliger Vergrösserung auf das treueste dargestellt ist, erscheinen sie als kleine, meist kuglige Zellen, mit drei, vier, fünf, selbst sechs Fortsätzen, von denen (wie bei allen Ganglienzellen) nur einer die Charaktere eines nervösen Fortsatzes besitzt, während alle anderen protoplasmatisch sind. Der erstere ist von äusserster Feinheit, und nur wenn die Reaction vorzüglich gelungen ist, lässt er sich mit genügender Sicherheit von den anderen unterscheiden. Seine ausserordentliche Feinheit erschwert das Studium seines Verlaufes sehr, doch habe ich in einigen Fällen gesehen, dass er seitliche Fäden aussandte, und bisweilen habe ich auch seine Verbindung mit Nervenfasern gesehen, welche die Schicht durchzogen. Ich kann also auch von diesen Zellen sagen, dass ich ihre Verbindung mit den aus dem tiefen Theile der Windungen hervorkommenden Fasern gesehen habe.

Beschränkter ist die Geschichte der Protoplasmafortsätze. Nach einigen Gabelungen endigen die einzelnen Zweige in nicht grosser Entfernung von ihrem Ursprunge auf eine schwer zu beschreibende Weise. Wenn man die feinsten Präparate betrachtet, empfängt man den Eindruck, als zerfielen diese Fortsätze in feine, körnige Häufchen, und ferner scheint es, als ob ähnliche Fortsätze benachbarter Zellen in eben diesen Häufchen, ebenfalls zerfallend, zusammenträfen.

Grosse Nervenzellen der Körnerschicht. Ich habe von ihnen zwei verschiedene Typen gefunden; die einen sind spindelförmig (s. Taf. 13), die anderen kugelig oder polygonal mit abgestumpften Ecken (Taf. 9, 12 und 14).

Die ersteren fand ich fast ausschliesslich im Kleinhirne des Menschen, und immer sparsam und vereinzelt. Ihre Lage ist keiner Regel unterworfen; sie zeigen sich ebensowohl in der peripherischen Zone der Schicht, unmittelbar unter der molecularen Schicht, als in der tiefen und den dazwischen liegenden. Ihr Breitendurchmesser beträgt ungefähr 20 μ, die Länge ist unbestimmt, denn ihr Körper geht allmählich in die Fortsätze der beiden Pole über. Der nervöse Fortsatz entspringt gewöhnlich aus der Seite des Zellkörpers und zerfällt in feine Fasern, welche einen Theil des höchst verwickelten Systems von Nervenfasern ausmachen, welches in der Körnerschicht vorhanden ist.

Die sich auf die gewöhnliche Weise zertheilenden Protoplasmafortsätze kann man bis auf grosse Entfernung von dem Zellkörper verfolgen; ihre Endigung habe ich niemals beobachten können. Aber natürlich ist kein Grund vorhanden, um zu glauben, dass sie sich am Ende ihrer Bahn dem allgemeinen Gesetze entziehen.

Die kugeligen oder polygonalen Zellen folgen hinsichtlich ihrer Lage festeren Regeln, d. h. sie befinden sich gewöhnlich in der peripherischen Zone der Körnerschicht oder auch im Niveau der Zellen von Purkinje; an Grösse sind sie den letzteren gleich oder wenig kleiner. Ihre zahlreichen Protoplasmafortsätze zeigen eine Neigung, nach der freien Oberfläche zu verlaufen; ja ich habe diejenigen, welche dieser Richtung folgen, oft bis über die Hälfte der Molecularschicht hinaus verfolgen können, an deren Oberfläche viele davon zu endigen scheinen.

Ihr nervöser Fortsatz bleibt einfach bis zu einer Entfernung von 20—30 μ, dann verzweigt er sich auf complicirte Weise. In mehr als einem Falle sah ich durch wiederholte feine Theilungen nach allen Richtungen aus dem nervösen Fortsatze einer einzigen dieser Zellen ein verwickeltes Geflecht von Fasern hervorgehen, welches sich vom Grunde bis zur Peripherie der Körnerschicht und seitlich über 200 μ weit erstreckte. Ich lenke hierüber die Aufmerksamkeit auf den (roth gefärbten) nervösen Fortsatz der Zellen dieses Typus, welche auf Taf. 9 und 12 abgebildet sind.

Bindegewebszellen (s. Taf. 16). In der Körnerschicht finden wir sie in viel grösserer Menge, als in der vorher beschriebenen. Sie haben die für die Bindegewebselemente des Centralnervensystems charakteristische, strahlige Gestalt. Ihre verzweigten Fortsätze laufen von dem Körper, aus dem sie entspringen, nach allen Richtungen aus und bilden ein complicirtes Geflecht, welches das Stützstroma der nervösen Elemente darstellt. Auch hier, wie in allen anderen Theilen des Centralnervensystems, sieht man die Bindegewebszellen nicht nur in grösserer Menge längs dem Verlaufe der Blutgefässe vertheilt und in unmittelbarer Be-

rührung mit den Wänden derselben, sondern, wenn sie von ihnen entfernt liegen, sind sie durch kräftige Fortsätze mit ihnen verbunden.

3) Innere oder Markschicht. Wenn man von einigen Nervenzellen absieht, welche ausnahmsweise mitten zwischen den Nervenbündeln liegen können, und welche ich zu denen der Körnerschicht gerechnet habe, so kann man als Elemente, welche die innerste oder Medullarschicht bilden, nur Bindegewebselemente und Nervenfasern anerkennen.

Für die Bindegewebselemente gilt Alles, was bei der Untersuchung des Bindegewebsstromas der Nervencentra im Allgemeinen gesagt werden wird.

Die Nervenfasern, zum grössten Theil von äusserster Feinheit, zeigen die den centralen Marknervenfasern im Allgemeinen eigenen Charaktere; auch fehlen die feinen, trichterförmigen, zur Stütze der Markscheide bestimmten Apparate nicht, welche aus zarten, spiralförmig aufgerollten Fäden bestehen. Wenn man nur die Art des Verlaufs und ihr Verhalten in den beiden Schichten, aus denen sie entspringen, zum Gegenstande der Untersuchung macht, so bemerkt man vor allem bei schwacher Vergrösserung und an Präparaten, in denen die Fasern dunkel gefärbt worden sind (z. B. durch Osmiumsäure), dass die Nervenbündel der einzelnen Markstrahlen bei ihrem Eintritt in die Körnerschicht fächerförmig aus einander weichen und in ihren Zwischenräumen die Körnchen zwischen sich lassen.

In diesem Verlaufe verlieren viele Fasern die Markscheide, viele aber behalten ihren Charakter als Markfasern bis zur Höhe der PURKINJE'schen Zellen, ja eine gute Anzahl treten als solche in die Molecularschicht ein, wo man sie sehr schnell aus dem Gesichte verliert.

Diese erste Untersuchung macht den Eindruck eines ziemlich einfachen Verlaufs, ja man könnte vermuthen, die einzelnen Fasern träten einzeln an je ein Ganglienelement heran, wie es gewöhnlich beschrieben wird.

Wenn man aber die Untersuchung nach feineren Methoden unternimmt, welche erlauben, die Fasern in allen ihren Schicksalen einzeln zu verfolgen, so bemerkt man bald, dass die Dinge auf viel verwickeltere Weise vor sich gehen.

Die auffallendste Thatsache, welche uns entgegentritt, wenn wir den Lauf der Nervenfasern von den Markstrahlen an im Einzelnen verfolgen, ist die complicirte Verzweigung vieler von ihnen. Schon im Innern der Markstrahlen, wo die Fasern mit einander parallel laufen, sieht man hie und da aus ihnen, gewöhnlich unter rechtem Winkel, secundäre Verästelungen hervortreten, welche sich in die Körnchenschicht begeben.

Von diesen Zweigen gehen andere ab, welche, in mehr oder weniger schiefer Richtung laufend, sich weiter verzweigen; und da alle Filamente erster, zweiter, dritter und vierter Ordnung immer fortfahren, sich zu theilen und unregelmässig zu verlaufen, so entsteht ein so complicirtes Netz, dass es unmöglich wird, das Schicksal einzelner Fasern zu verfolgen. Es ist gewiss, dass die von einer einzigen Faser stammenden Zweige bei ihrem Durchgange durch die Körnerschicht auf sehr complicirte Weise zerfallen und sich weit von einander entfernen, so dass offenbar durch diese vielfachen Theilungen viele Fasern in den Stand gesetzt werden, sich mit verschiedenen, weit von einander entfernten Zellgruppen in Verbindung zu setzen.

Ich finde es zweckmässig, hier daran zu erinnern, dass man aus diesem complicirten Plexus in der Körnerschicht die Fibrillen hervorkommen sieht, welche sich mit den Körnchen in Verbindung setzen, was andeutet, dass die Körnchen mit ihren nervösen Fortsätzen an der Bildung des Plexus Antheil nehmen.

Die beschriebenen vielfachen Zertheilungen finden bei vielen, vielleicht bei den meisten Fasern statt, aber es ist auch zu bemerken, dass bei einer bedeutenden Zahl derselben die Dinge viel einfacher verlaufen. Die Fasern, welche sich von den anderen bei diesem besonderen Verhalten abtrennen, entfernen sich einfach von dem Bündel, zu dem sie gehören, um schief in die Körnerschicht einzudringen, indem sie gerade vor sich hingehen und nur wenige Fasern nach der Molecularschicht zu absenden.

Man möchte also sagen, dass zwei Arten von Fasern vorhanden sind: die einen zertheilen sich auf sehr verwickelte Weise und bringen einen diffusen, nervösen Plexus hervor, sowohl in der Körner-, als in der Molecularschicht; die anderen scheinen mehr gerade auf ihre Bestimmung loszugehen, obgleich auch sie einige secundäre Fäden abgeben.

Wir werden später sehen, ob dieses doppelte Verhalten der Nervenfasern mit anderen, schon bei der allgemeinen Beschreibung der Ganglienfasern von mir bemerkten Erscheinungen zusammenhängt, und ob das

Ganze der beschriebenen Eigenthümlichkeiten die Grundlage zu einer Vermuthung über die verschiedene Weise abgeben könnte, wie die functionelle Thätigkeit der Nervencentra sich äussert.

Bei Fortsetzung unserer Untersuchung über den Verlauf der Fasern haben wir noch diejenigen zu betrachten, welche, ihren Lauf verfolgend oder aus der Körnerschicht entspringend, bestimmt sind, sich mit dem dichten Plexus zu verbinden, welcher auch in der Molecularschicht vorhanden ist. Wenn man die Zone zwischen der Körnerschicht und der äusseren Rindenschicht beobachtet, sieht man einen dichten Zaun von isolirten, in Bündel vereinigten Fasern, einige sehr dünne andere kräftig, welche in gewöhnlich gewundenem Verlaufe, oft den Körper der PURKINJE'schen Zellen umkreisend und fortwährend Zweige aussendend, diese Zone durchziehen und in die Molecularschicht eintreten, wo sie sich entweder bald nach ihrem Eintritte horizontal umbiegen, oder sich an andere, hier horizontal laufende Fasern ansetzen. Oder sie dringen in schiefer Richtung noch weiter in die Schicht ein und verfallen hier einer complicirten, zierlichen weiteren Theilung. Endlich bildet der genannte Faserzaun, welcher in die Molecularschicht eintritt, in dieser einen sehr reichen, complicirten Plexus.

Ein eingehenderes Studium über die Herkunft des Zaunes von Fasern, welchen wir in die Molecularschicht eintreten sehen, lässt uns wahrnehmen, dass der vorwiegende Theil desselben aus dem Plexus entspringt, welcher in der Körnerschicht vorhanden ist und sich gewissermaassen als Fortsetzung ebendieses Plexus darstellt, zum Theil auch von den Filamenten herstammt, welche sich von dem nervösen Fortsatz der Zellen von PURKINJE abzweigen, welche, wie wir bemerkten, Neigung haben, nach der Molecularschicht hin zu laufen. Der Uebergang solcher Filamente in die Molecularschicht und ihre Verbindung mit daselbst vorhandenen Fasern anderen Ursprungs sind Thatsachen, welche ich mehrmals festgestellt habe.

Ich übergehe andere Einzelnheiten, deren Bedeutung noch dunkel scheint, und berichte über eine Thatsache, welche mir für die Geschichte des centralen Ursprungs der Nervenfasern des Kleinhirns sehr interessant scheint: ich habe nämlich mehrfach die Verbindung aus dem Plexus kommender Nervenfasern mit den kleinen Ganglienzellen der Molecularschicht, und umgekehrt den Ansatz aus der Theilung des nervösen Fortsatzes dieser Zellen entstandener Fasern an die zum Plexus gehörenden Fibrillen gesehen.

Also würden zur Bildung des complicirten, in der Molecularschicht liegenden Nervenplexus beitragen:

1) Fasern, welche von den Markstrahlen abstammen und die Körnerschicht durchziehen,
2) Fibrillen aus dem nervösen Fortsatze der Zellen von PURKINJE,
3) die nervösen Fortsätze der kleinen Zellen der Molecularschicht.

Dieser Plexus, als Ganzes betrachtet, erscheint in der tiefen Zone der Molecularschicht dicht und vorwiegend aus starken, horizontal laufenden Fasern bestehend; in den oberflächlichen Schichten wird er weniger dicht und besteht aus feineren, ganz unregelmässig verlaufenden Fasern.

Wenn ich nach dieser Darstellung von Einzelnheiten eine anatomische Synthese der Beziehungen zu geben versuchen will, welche in den einzelnen Kleinhirnwindungen zwischen Nervenzellen und -fasern bestehen, so muss ich vor allem darauf aufmerksam machen, dass in den Windungen vier Zellenarten vorhanden sind, von welchen Nervenfasern entspringen, nämlich:

1) Die grossen, nach PURKINJE benannten Zellen, welche in der Grenzzone zwischen der Molecular- und Körnerschicht liegen.

In Bezug auf den nervösen Fortsatz dieser Zellen haben wir gesehen, dass man an ihm in gewissem Sinne unterscheiden kann: a) einen Hauptstamm, welcher mehr oder weniger direct in die Markschicht läuft und hier die Bedeutung einer Nervenfaser annimmt; b) eine Reihe von diesem Fortsatze abgehender Fibrillen, welche zum Theil den in der Körnerschicht vorhandenen nervösen Plexus bilden helfen, zum Theil, in die Molecularschicht aufsteigend, in den daselbst bestehenden Plexus eintreten.

2) Die kleinen, in grosser Menge in der Molecularschicht zerstreut liegenden Zellen, welche ebenfalls einen nervösen Fortsatz besitzen. Dieser zertheilt sich fein und verliert seine Individualität, um seinerseits in den genannten Plexus einzutreten.

3) Die sogenannten Körnchen in der Schicht, welche nach ihnen benannt ist, welche, wie wir sahen, ebenfalls als kleine Nervenzellen zu betrachten sind. Ich habe auch schon gesagt, dass der nervöse Fortsatz dieser kleinen Zellen an der Bildung des feinen Netzes von Nervenfasern in der betreffenden Schicht Theil nimmt.

4) Endlich die grossen, ebenfalls der Körnerschicht zugehörigen Zellen, deren nervöser Fortsatz sich mit seinen unzähligen Theilfäden ebenfalls mit dem diffusen, nervösen Plexus verbindet.

Wenn ich nun einen zusammenfassenden Blick auf die hier aufgezählten Arten von Ursprungsorganen der Nervenfasern zurückwerfe und besonders das Verhalten des betreffenden nervösen Fortsatzes beachte, glaube ich, eine einfachere Gruppirung herstellen und besonders die unter den Nummern zwei, drei und vier begriffenen Zellenarten in eine einzige Gruppe zusammenfassen zu sollen, während die zu Nummer eins gehörigen (die Zellen von PURKINJE) etwas Verschiedenes, eine Kategorie für sich darstellen.

Diese besondere Gruppirung dürfte durch folgende Betrachtungen begründet werden:

1) Die nervösen Fortsätze sowohl der kleinen Zellen der Molecularschicht, als aller Nervenzellen, welche zur Körnerschicht gehören, die sogenannten Körnchen einbegriffen, zeigen keine Neigung, eine bestimmte Richtung anzunehmen, um sich mit Faserbündeln von bestimmtem Verlauf zu verbinden, sondern sie zerfallen in feinste Fäden, verlieren bald ihre eigene Individualität und nehmen an der Bildung eines diffusen, nervösen Geflechtes oder Plexus Theil.

2) Von dem Gesichtspunkte des Verlaufs der Fasern aus kann man nicht behaupten, dass zwischen der Körnchen- und der Molecularschicht eine Grenzlinie bestehe, vielmehr steht der in letzterer Schicht vorhandene nervöse Plexus offenbar mit dem der anderen Schicht in Verbindung und im Zusammenhang.

3) Der nervöse Fortsatz der Zellen von PURKINJE dagegen sendet zwar seitliche Fäden aus, behält aber seine Individualität und löst sich nicht in den diffusen Plexus auf, sondern geht entschieden in eine Nervenfaser der Markstrahlen über.

Wir haben also auf der einen Seite mehrere Arten von Nervenzellen, welche mittelst ihres fein zertheilten Nervenfortsatzes ein gemeinschaftliches, sehr complicirtes Geflecht oder einen Plexus von Nervenfasern hervorbringen.

Auf der anderen Seite sehen wir eine weniger zahlreiche Art von Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz wohl individualisirt bleibt, obgleich er seitliche Fäden aussendet und direct in eine deutliche Markfaser übergeht.

Hier bietet sich die Gelegenheit, hervorzuheben, dass die einfache, soeben gemachte Gruppirung der verschiedenen Zellenarten (auf das Verhalten der betreffenden nervösen Fortsätze gestützt) genau dem von uns festgestellten Verhalten der Nervenfasern der Markstrahlen in der Molecularschicht entspricht. Wir sahen in der That, dass viele davon sich auf höchst complicirte Weise zerfasern, um einen diffusen Plexus zu bilden (entsprechend dem nervösen Fortsatze der ersten Kategorie von Ganglienzellen), während andere mehr oder weniger direct die Körnerschicht durchziehen und dabei wenige Seitenzweige abgeben (entsprechend dem nervösen Fortsatze der zweiten Kategorie von Ganglienzellen).

Auf Grund der hier vorgetragenen Thatsachen, und besonders gegenüber den zuletzt angeführten auffallenden Verschiedenheiten in der Art, wie die Nervenzellen sich mit den Fasern in Verbindung setzen, scheint es mir, dass ich nicht mehr eine unbegründete Hypothese aufstelle, wenn ich mich für geneigt erkläre, den beiden von uns unterschiedenen Zellenarten und den beiden ihnen entsprechenden Arten von Fasern eine wesentlich verschiedene physiologische Bedeutung beizulegen. So scheint es mir in der That, dass die Zellen, deren nervöser Fortsatz direct in eine Nervenfaser übergeht, offenbar als Organe zu betrachten sind, welche einen directen Einfluss auf die peripherischen Theile ausüben; sie werden also wahrscheinlich Organe der motorischen Thätigkeit sein.

Die anderen Zellen dagegen, für welche man ohne weiteres eine directe Verbindung mit den sich von der Peripherie nach dem Centrum begebenden Fasern ausschliessen kann, scheint es mir natürlicher, als Organe der sensoriellen Thätigkeit zu betrachten, oder auch, wenn man will, der automatischen Wirkung.

In den Fäden, welche von den nervösen Fortsätzen der Zellen dieser zweiten Art ausgehen und in der diffusen Plexus eintreten, kann man nichts anderes, als einen centralen Verbindungsweg zwischen den beiden jetzt unterschiedenen Kategorien von Nervenelementen erkennen.

Die auf anatomischem Gebiet festgestellte Verbindung würde offenbar eine Erklärung der functionellen Beziehungen liefern, für welche wir im Gebiete der specifischen Thätigkeit der Centralorgane des Nervensystems Gründe verschiedener Art finden.

V.

Ueber die feinere Anatomie des Pes Hippocampi major.

Der Pes Hippocampi major ist eine der Hirnregionen von verwickeltster Structur, deren Studium um so interessanter ist, als seine Function noch sehr dunkel ist, und die genaue Bestimmung der Zellformen, welche zu seiner Bildung beitragen, und des Verhaltens seiner Nervenbündel vielleicht zu deren Aufklärung beitragen könnte.

Unabhängig von der morphologischen Untersuchung bieten die Resultate, die ich über diesen Theil des Gehirns erlangt habe, nach meiner Meinung ein besonderes Interesse, theils weil sie das Feinste und Genaueste darstellen, was man heute über die allgemeine Frage der Beziehungen zwischen Nervenfasern und Zellgruppen angeben kann, theils weil die sehr ins Einzelne gehende Beschreibung einiger Bündel von Nervenfasern (deren Verlauf ich von ihrem Ursprunge aus wohl bestimmten Zellenschichten bis auf grosse Entfernung von ihrem Ausgangspunkte verfolgen konnte) einen Theil dieser Resultate ausmacht. So glaube ich denn, hoffen zu können, wenn man die Untersuchung in derselben Richtung fortsetzt, dass man dahin werde gelangen können, ihre Kenntniss zu vervollständigen und so einige Andeutungen über ihre Function und über die correspondirenden Zellengruppen zu erlangen.

Der ins Einzelne gehenden Darstellung der die elementare Morphologie und die Histologie betreffenden Resultate glaube ich der Klarheit wegen eine kurze, makroskopische Uebersicht über die Anatomie des Pes Hippocampi major vorausschicken zu sollen, auch mit der Absicht, einige Bemerkungen zu der gewöhnlich gelieferten Beschreibung zu machen.

1. Anatomische Uebersicht.

Das Cornu Ammonis oder der Pes Hippocampi major, im Wesentlichen durch die Einwärtsbiegung der Windung des Hippocampus nach dem absteigenden Horne der Seitenventrikel gebildet, zeigt sich, wenn es nach Oeffnung dieser Ventrikel von oben gesehen wird, als ein weisser, eiförmiger, halbkreisförmiger, nach aussen convexer, nach der Mittellinie zu concaver Vorrsprung, welcher dieselbe Richtung hat, wie das absteigende Horn. Sein oberes (hinteres) Ende beginnt am Eingange des absteigenden Hornes, ausgehend von dem Splenium corporis callosi; sein unteres (hinteres, Tatze des Pes Hippocampi major) erstreckt sich nicht ganz bis an das Ende des absteigenden Hornes, sondern hört etwas früher auf und geht allmählich in die anliegende Wand des Ventrikels über. Der concave Rand (nach der Mittellinie zu) des Ammonshornes setzt sich in einen sichelförmigen Markstreifen fort, dessen Rand nach der Mittellienie zu frei ist, während von seinen Enden das hintere unmittelbar in die Stiele des Crus fornicis, und das untere, längs dem Ammonshorne hinabsteigend, in den Uncus übergeht.

Da dieser Theil des Gehirns, wie gesagt, durch die Einbiegung der Windung des Hippocampus gebildet wird, so begreift man leicht, dass in einem Verticalschnitte, wenn man das Segment, welches nach der den Ausgangspunkt der Einbiegung bildenden Windung zu liegt, mit dem Segment des eingebogenen Theils zusammenstellt, die Figur eines S entsteht.

Die verschiedenen Theile, welche den Pes Hippocampi bilden, und seine verschiedenen Zonen haben besondere Namen erhalten, welche angeführt werden sollen.

Von der Basis anfangend und allmählich nach oben aufsteigend, treffen wir folgende Theile an:

Das Subiculum cornu Ammonis. Burdach, welcher diesen Namen zuerst gebrauchte, bezeichnete damit die Windung des Hippocampus selbst, und in diesem Sinne wird er noch von Einigen angewendet. Andere gebrauchen ihn auf beschränktere Weise, um dasjenige Stück der Windung des Hippocampus zu bezeichnen, welches direct in den Fuss des Hippocampus übergeht. Huguenin sagt, Subiculum cornu Ammonis heisse die Windung des Hippocampus selbst, von innen gesehen.

Das Stratum convolutum ist die Fortsetzung der Rindenschicht des Subiculum, jener Schicht, welche durch die Drehung aus einer unteren zur oberen wird und nun sich nach unten wendet. Beide Oberflächen dieser Schicht (die ventriculäre und äussere) werden durch eine Platte von weisser Substanz begrenzt, welche ich weiter unten mit dem Namen »Alveus« (welche die Oberfläche des Ventrikels überzieht) und Lamina medullaris circumvoluta (auf der äusseren Oberfläche liegend) bezeichnen werde.

Substantia reticularis alba. Der Gyrus fornicatus (Gyrus cinguli, circonvolution de l'orlet, Foville) wird von der Stelle an, wo er, sich um das Corpus callosum windend, nach unten bis zum Uncus läuft, um den Namen Gyrus Hippocampi zu erhalten, auf seiner ganzen Oberfläche von einer dünnen Schicht weisser Substanz bedeckt, welche wegen ihres besonderen Aussehens (kleine weisse Ringe, durch feine, netzförmige, graue Streifen getrennt) eben den Namen Substantia reticularis alba erhalten hat.

Lamina medullaris circumvoluta (oder Lamina nuclearis). Die Schicht weisser Substanz, welche die äussere Oberfläche der Windungen des Hippocampus und des Subiculums überzieht, setzt sich unter dem Namen der Lamina nuclearis oder Lamina medullaris circumvoluta auch in das Innere des Ammonshornes fort, bleibt aber immer auf die Fortsetzung der freien Oberfläche des Stratum convolutum aufgelagert. An der Oberfläche von Schnitten durch das Ammonshorn sieht man diese Schicht in Gestalt eines weissen Streifens zwischen der grauen Schicht, welche in die Rinde des Subiculums übergeht, und der grauen Schicht, welche die Fascia dentata bildet.

Fascia dentata. Sie besteht aus einer Platte von grauer Substanz, deren freie Oberfläche sich durch einen gelatinösen Glanz und eine Reihe von Depressionen auszeichnet (daher das gezähnte Aussehen, welches ihr den Namen verschafft hat), welche die Höhlung der Lamina circumvoluta einnimmt. Von der unteren Seite des Corpus callosum, ein wenig unterhalb des Splenium, ich möchte sagen, weiter nach vorn herkommend, dringt sie tief in die durch die Duplicatur des Gyrus Hippocampi entstandene Furche ein, um in der Richtung von oben nach unten am Uncus zu endigen.

Alveus. Dies ist die Schicht weisser Substanz, welche die ganze Ventriculär-Oberfläche des Ammonshorns überzieht. Diese membranöse Schicht von Nervenfasern vereinigt sich in dem Markstrange (Fimbria), welcher den ganzen inneren Rand des Pes Hippocampi major begrenzt, und dieser Strang bildet dann den Hauptursprung des Fornix.

Fimbria (gefranzter Körper, Taenia). So nennt man die Platte von weisser Substanz, welche den medianen Rand des Hippocampus begrenzt und welche wesentlich durch die Vereinigung der Fasern entsteht, welche in vorwiegender Längsrichtung an der ventriculären Oberfläche dieses Vorsprungs verlaufen.

Von der Spitze des Hippocampus bis zu seinem hinteren Theile nimmt die Fimbria an Breite zu. In ihrer ganzen Länge stützt sie sich auf die obere Fläche des Hippocampus und trennt sich von ihr erst gegen ihr hinteres Ende, um auf die untere Seite des Corpus callosum überzugehen, wo sie ohne Unterbrechung in die Stiele des Fornix übergeht, so dass die Fimbria das hintere Ende des Fornix bildet. Endlich liefert sie den grössten Theil der Fasern des Trigonum.

2. Bemerkungen zu der makroskopischen Beschreibung des Pes Hippocampi major.

a) Der grösste Theil der Anatomen begnügt sich bei der Fascia dentata mit der Beschreibung ihres Aussehens und ihrer Lage in der durch die Einbiegung des Subiculums gebildeteten Furche, ohne sich mit ihrer Herkunft und ihren Beziehungen zu beschäftigen. Andere dagegen, worunter HENLE, KRAUSE, LUYS etc., sprechen auch von diesen Punkten und geben an, man müsse den Ursprung der grauen Platte, welche die Fascia dentata bildet, am hinteren Ende der oberen Seite des Corpus callosum suchen.

Nach der Beschreibung von HENLE, welcher unter den Anatomen den Gegenstand am eingehendsten behandelt, beginnt die Fascia dentata in Gestalt einer dünnen Schicht von Längsfasern von der Dicke von 0,25 mm an der oberen Fläche des Corpus callosum, bedeckt von dem vorspringenden Rande des Gyrus fornicatus. Dieses Bündel zeige eine allmähliche Vermehrung seines Volumens, hervorgebracht durch das Eindringen grauer Substanz zwischen die Längs- und Querfasern des Corpus callosum, welche sie in die Höhe hebt und auseinandertreibt.

KRAUSE dagegen leitet die Fascia dentata von einer dünnen Schicht grauer Substanz ab, welche sich von der Rinde des Gyrus fornicatus eine Strecke weit auf die obere Fläche des Corpus callosum erstrecken soll (Fasciola cinerea cinguli).

Meine Untersuchungen über die Abstammung und die Beziehungen der Fascia dentata erlauben mir, Alles für unrichtig zu erklären, was die beiden genannten Anatomen darüber gesagt haben.

Der Strang von grauer Substanz, welcher die Fascia dentata bildet, entspringt allerdings aus der oberen Seite des Corpus callosum, aber sein Anfang ist nicht ein Bündel von Nervenfasern, wie HENLE angiebt, noch eine Ausbreitung der grauen Substanz des Gyrus fornicatus, wie KRAUSE sagt. Auf der oberen Seite des Corpus callosum setzt sich die Fascia dentata mit zwei Streifen grauer Substanz fort, welche wir verschieden entwickelt finden, je nach den Individuen und je nach den verschiedenen Thierarten, und welche an der Seite der schmalen Furche verlaufen, die sich längs der Mittellinie des Corpus callosum befindet. Diese Streifen sind unter dem Namen Striae longitudinales medianae oder LANCISI'sche Nerven von allen Anatomen als aus nervösen Längsfasern bestehend beschrieben worden, während sie wesentlich aus grauer, zahlreiche Ganglienzellen enthaltender Substanz bestehen.

Ich werde gegen das Ende dieser Arbeit über diesen Gegenstand eine andere, besondere Bemerkung zu machen haben, muss jedoch schon hier hinzufügen, dass auch LUYS von Beziehungen zwischen der Fascia dentata und den Striae longitudinales medianae spricht; aber auch er glaubt, diese Striae beständen ausschliesslich aus nervösen Längsfasern.

b) Diese zweite Bemerkung bezieht sich auf den Verlauf der sogenannten Lamina medullaris circumvoluta oder Lamina nuclearis (s. Taf. 19, 21 und 22 *c*, *c*, *c*).

In Bezug auf dieses Blatt von weisser Substanz, welches, wie gesagt wurde, die Fortsetzung der Substantia reticularis alba auf der tiefen Oberfläche der Lamina grisea circumvoluta darstellt, behaupten sowohl HENLE, als KRAUSE, es vereinige sich mit der weissen Substanz, welche die Fimbria bildet. Auch diese Behauptung ist unrichtig.

Wenn wir in Querschnitten des Pes Hippocampi major den Lauf der Lamina nuclearis verfolgen, so ist es leicht, schon mit unbewaffnetem Auge zu bemerken, dass sie während ihres Verlaufs auf der äusseren, nicht ventriculären Oberfläche der Lamina grisea circumvoluta allmählich dünner wird, dass aber eine Spur von ihr bis gegenüber der zweiten Krümmung dieser grauen Schicht übrig bleibt. An dieser Stelle krümmt sich der Rest der Lamina nuclearis ebenfalls, indem sie immer von der weissen, den Alveus und die Fimbria bildenden Substanz scharf getrennt bleibt, um in die Oeffnung des durch den optischen Durchschnitt der Fascia dentata gebildeten Bogens einzutreten. Hier verbreitert sie sich und verschwindet, ohne dass man, besonders mit unbewaffnetem Auge, erkennen kann, wie dies geschieht.

An der anderen Seite der Lamina grisea circumvoluta (der ventriculären Oberfläche des Pes Hippocampi major) liegt ein Kegel von Nervenfasern, welcher von der Fimbria herkömmt (s. Taf. 21 und 22 *a*), aber dieser durchsetzt niemals die fragliche graue Schicht, und sein Eindringen steht offenbar nur im Verhältniss mit der Krümmung, welche diese Schicht macht, um den durch die Fascia dentata gebildeten leeren Raum einzunehmen.

Alle diese Einzelnheiten, welche, ich wiederhole es, auch mit unbewaffnetem Auge sichtbar sind, bieten ein bedeutendes Interesse dar für die Kenntniss der wahrscheinlichen physiologischen Bedeutung der Lamina medullaris circumvoluta; und hierüber bemerke ich jetzt schon, dass diese makroskopischen Beobachtungen genau den mikroskopischen Befunden entsprechen, welche ich später schildern werde.

c) Auch die allgemein angenommene Ansicht über das Ganze des Pes Hippocampi major, dass er nämlich einfach durch Einwärtsbiegung einer einzigen Windung entstehe, glaube ich ebenfalls für irrthümlich erklären zu müssen.

Zu seiner Bildung tragen vielmehr zwei Windungen bei, welche so gut von einander unterschieden sind, wie es vielleicht bei zwei anderen Windungen nicht vorkommt. Die Trennung folgt vor allem, wenigstens für eine der beiden Oberflächen, aus dem Zwischenraume, welcher immer zwischen beiden vorhanden ist und von einer Verlängerung der Pia mater und einem Blutgefäss eingenommen zu werden pflegt; ferner aus dem verschiedenen Ursprunge der beiden grauen Schichten und aus dem verschiedenen Verlaufe der Nervenbündel, welche für jede von beiden bestimmt sind. Ich will hier schon jetzt hinzufügen, dass die Trennung durch die mikroskopische Untersuchung unterstützt wird, welche beweist, dass in beiden Schichten ganz verschiedene Typen von Nervenzellen vorkommen. In der Lamina grisea circumvoluta finden wir nämlich

Ganglienzellen, welche sich von denen der Rinde nicht wesentlich unterscheiden. (Pyramidale Zellen.) In der Fascia dentata dagegen liegen kleine, kuglige Zellen von typischem Aussehen, welche keine Aehnlichkeit mit denen der Lamina circumvoluta und denen der Hirnrinde im Allgemeinen haben.

Zur Vervollständigung des Unterschieds kommt noch die ganz verschiedene Anordnung der Zellen in den beiden Schichten hinzu. In der Fascia dentata ist die Anordnung der Zellelemente durchaus umgekehrt im Vergleich mit der in den Windungen im Allgemeinen, ohne die des Hippocampus auszunehmen. Wenn wir in einem Durchschnitte des Pes Hippocampi major die betreffenden beiden grauen Schichten mit einander vergleichen (die Fascia dentata und die Lamina grisea circumvoluta), so bemerkt man in ihnen eine solche Anordnung der Ganglienzellen, wie man sie nur in zwei einander gegenüberliegenden Windungen beobachten könnte, welche sich mit ihren freien Oberflächen berühren (s. Taf. 23 und 24).

d) Aus den Beschreibungen, welche Henle, Krause, Meynert, Huguenin etc. von dem Pes Hippocampi major geliefert haben, folgt, dass diese Beobachter nicht nur annehmen, die Fascia dentata sei eine directe Fortsetzung, ja eine Ausbreitung der Lamina grisea circumvoluta, welche zu dem Zwecke stattfinde, den durch die Einwärtsbiegung des Subiculum entstehenden Raum auszufüllen, sondern sie betrachten auch die Schicht von kleinen Zellen der Fascia dentata als entsprechend der oberflächlicheren Schicht von kleinen, pyramidalen Zellen des Subiculum oder der Hirnrinde im Allgemeinen. Nach dem in der vorigen Bemerkung (c) Gesagten scheint es mir überflüssig, die Unrichtigkeit dieser Beobachtung weiter nachzuweisen. Die Fascia dentata muss vielmehr als eine zweite Windung betrachtet werden, welche, wenn auch schwach, doch wenigstens ebenso deutlich ist wie die Lamina grisea circumvoluta.

3. Historische Notizen über die mikroskopische Untersuchung des Pes Hippocampi major.

Wenn man das mikroskopische Studium dieses Gehirntheils unternehmen will, so ist es fast durchaus nöthig, sich zuerst mit den Resultaten der beiden einzigen speciellen Arbeiten, welche über diesen Gegenstand erschienen sind, zu beschäftigen, nämlich mit der Arbeit von Kupffer[1]) und der von Meynert[2]), von denen die erste im Jahre 1859, die zweite im Jahre 1872 erschienen ist.

Der Umstand, dass die Arbeit von Kupffer unter der Unvollkommenheit der Untersuchungsmethoden und unter dem Mangel an Kenntniss des feineren Baues der Nervencentra jener Zeit zu leiden gehabt hat, und dass die Darstellung von Meynert allzu viele Beweise von der Gewohnheit dieses Beobachters darbietet, die anatomischen Thatsachen seinen theoretischen Ansichten anzupassen, ist kein Grund, mich von dieser Untersuchung abzuhalten, denn ihre Beschreibungen, obgleich zum grossen Theil fehlerhaft, gelten noch immer für streng und genau.

Diese Uebersicht wird mir Gelegenheit geben, die vielen Ungenauigkeiten klar zu machen, in welche sowohl Kupffer als Meynert verfallen sind.

Die Untersuchungen Kupffer's wurden am Ammonshorne des Kaninchens, der Katze, des Hundes, der Maus und der Ratte angestellt. Er fand das Kaninchen als das am besten zu seinen Studien geignete und bezog seine Beschreibung speciell auf dasselbe, bemerkte jedoch, bei der vollkommenen Uebereinstimmung des Baues gelte das vom Kaninchen Gesagte auch für alle die anderen Thiere.

Bei der mikroskopischen Beschreibung des Ammonshorns unterscheidet Kupffer sieben Schichten, welche er von oben nach unten folgendermaassen aufzählt:

1) Stratum fibrarum nervearum. Es besteht bloss aus dünnen Markfasern, welche verschiedenartig mit einander verflochten sind.

2) Stratum moleculare. Besteht bloss aus feinen Molecülen, ohne Spur von Nervenfasern.

3) Stratum cellulosum. Als diese Schicht bildend beschreibt Kupffer theils dreieckige, theils spindel-

1) Gustavus Kupffer, De Cornu Ammonis textura. Disquisitiones praecipue in cuniculis institutae. Dissert inaug. Dorpat 1859.

2) Th. Meynert, Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtlichen Verschiedenheiten, nebst einem pathologisch-anatomischen Corollarium. Separatabdruck aus der Vierteljahrsschrift für Psychiatrie u. s. w., 1872.

förmige und so lange Zellen, dass sie wie Stäbchen aussehen; bald stehen sie in einfacher Reihe, bald in mehreren, die eine hinter der anderen. Die zweiten verbinden sich unter einander, um ein einziges, in der Mitte zusammengeschnürtes Element zu bilden. (Biscuitförmige Zellen.)

4) Stratum a peripheria ad centrum striatum. Besteht aus den Fortsätzen der Nervenzellen, welche radial von der Peripherie zur Mitte laufen.

5) Stratum reticulare. Zu der vorigen Schicht gehörig; über seine Natur erklärt sich Kupffer für unsicher; doch sei er geneigt anzunehmen, dass sie aus einem Geflecht von Nervenfasern bestehe, und diese Conjectur, meint er, werde dadurch bestätigt, dass man neben dieser Schicht den Eintritt der zur äusseren Bekleidung des Gyrus Hippocampi gehörenden Nervenfasern bemerke.

6) Stratum moleculare secundum. Bildet die untere Platte des Ammonshorns nach der Scissur zu und ist ähnlich gebaut wie das Stratum moleculare primum.

7) Stratum granulosum. Es besteht aus kleinen Körpern von 8—12 μ Durchmesser, von denen ein oder zwei sehr dünne Fortsätze ausgehen; ebenso, wie die Zellen des Stratum cellulosum, bilden diese Körperchen eine ziemlich regelmässige Schicht.

Ueber die gegenseitigen Beziehungen der das Ammonshorn bildenden Elemente versichert Kupffer ausdrücklich, die Fasern der oberen Schicht verliefen nur auf der Oberfläche des Ammonshornes, ohne mit den darunter liegenden Schichten in Verbindung zu treten.

In Bezug auf die Fortsätze der Ganglienzellen, welche, nach der Mitte zu convergirend, das Stratum striatum bilden, meint er, dass sie zum Theil in der moleculären Substanz zerfallen, zum Theil sich in feine Pinsel auflösen und in das Netz des Stratum reticulare übergehen, zum Theil auch (dem kleinsten) aus der Scissur des Ammonshorns austreten, um die Schicht von Nervenfasern zu bilden, mit welchen der Gyrus Hippocampi bekleidet ist.

Was die Körnchenschicht betrifft, sagt er, die von ihnen herkommenden Fasern verlören sich zum Theil zwischen den in jener Gegend liegenden Zellen, ohne dass man bestimmen könne, ob sie sich mit diesen Zellen oder ihren Fortsätzen verbinden, zum Theil wendeten sie sich nach der Oberfläche (?), um sich mit der dort liegenden Faserschicht zu vereinigen.

Die von Meynert gelieferte mikroskopische Beschreibung des Pes Hippocampi major weicht von der Kupffer's bedeutend ab.

Von aussen anfangend (von der nach der Concavität der Krümmung, welche durch die Einwärtsbiegung des Subiculum entsteht, liegenden Oberfläche), unterscheidet er folgende Schichten:

1) Die Lamina medullaris oder nuclearis (das Kernblatt). Es besteht aus feinen, parallel verlaufenden Fasern, zwischen welchen eine grosse Menge von spindelförmigen Nervenzellen liegt, deren Längsaxe dem hauptsächlichen Verlauf der Fasern parallel läuft.

Die Nervenfasern der netzförmigen Substanz von Arnold sollen in solchen Spindelzellen endigen, und zwar mehrere in einer, indem sich deren Fortsätze theilen. Andererseits sollen sich aber diese Zellen mit einem sehr feinen Fasernetze verbinden, welches in den beiden folgenden Schichten vorhanden ist und aus dem Zerfall des Spitzenfortsatzes der pyramidalen Zellen hervorgeht. (Man siehe die Fig. 237 S. 712 des Meynert'schen Artikels »Das Gehirn« in Stricker's Handbuch der Gewebelehre).

2) Stratum moleculare (?). Er stellt es zwischen das vorhergehende und das Stratum lacunosum.

3) Stratum lacunosum. (Entsprechend dem Stratum moleculare von Kupffer.) Es soll von areolärem Aussehen sein, und dieses Aussehen besondres mit dem Verhalten der Gefässe in Beziehung stehen, sowie mit der Existenz von perivasculären Räumen. Uebrigens soll sich in dieser Schicht das genannte Netz befinden, welches von den Spitzenfortsätzen der Pyramidenzellen gebildet wird.

4) Stratum radiatum. Diese Zone wird von den Spitzenfortsätzen der Pyramidenzellen durchzogen.

5) Stratum corporum nerveorum pyramidalium. In Bezug auf die Beziehungen dieser Zellen sagt er, indem er die anatomischen Thatsachen seiner Lehre von den Associations- und Projectionssystemen anpasst, ihre Spitzenfortsätze setzten sich in Verbindung mit den spindelförmigen Nervenzellen, welche sich nach seiner Angabe in der Lamina medullaris befinden, welche sich in die weisse, netzförmige Substanz fortsetzt (Associations-

system), während ein basaler Fortsatz in das durch die Fasern des Alveus dargestellte Projectionssystem überginge.

Von den aus den Winkeln an der Basis der Pyramidenzellen ausgehenden Fortsätzen sagt er, sie setzten sich in Verbindung mit den entsprechenden Fortsätzen der benachbarten Zellen.

6) Alveus. Schicht von Fasern, welche die ventriculäre Oberfläche des Ammonshornes bedeckt; nach der Höhle des Ventrikels zu ist diese Schicht mit Epithelium bekleidet.

Zu diesen sechs Schichten fügt MEYNERT noch drei weitere hinzu, als zur oberen Platte des Pes Hippocampi major gehörig, welche Platte aus der durch das Subiculum gebildeten Krümmung hervorgeht:

1) Stratum marginale. Ein dünnes Markblatt, welches noch zu der Lamina nuclearis gehört, aber von ihr unterschieden ist, weil es der freien Oberfläche der Fascia dentata aufliegt (?).

2) Stratum moleculare secundum, seu radiatum. Analog dem Stratum moleculare primum, ja eine Fortsetzung (?) desselben; es soll von den Spitzenfortsätzen der Pyramidenzellen der Fascia dentata (?) durchzogen werden.

3) Stratum corporum nerveorum artorum. Er erklärt es für eine Fortsetzung der zweiten Schicht des Subiculum (?); es bestehe, ebenso wie diese zweite Schicht, aus kleinen pyramidalen Zellen, mit dem Unterschiede, dass hier diese Zellen dichter bei einander lägen (KUPFFER's Stratum granulosum).

Unter den mikroskopischen Beschreibungen des Pes Hippocampi major, welche von neueren Anatomen herrühren, will ich noch die von KRAUSE [1]) gelieferte erwähnen, welcher unter Weglassung der Faserschicht, welche die ventriculäre Oberfläche überzieht, diesem Vorsprunge sechs Schichten zuschreibt: Lamina medullaris circumvoluta, Stratum moleculare, Stratum lacunosum, Stratum granulosum, Stratum radiatum und Stratum cellularum pyramidalium. Ausserdem unterscheidet er noch drei oder vier weitere Schichten in der Fascia dentata.

Ebenso wie MEYNERT wirft auch KRAUSE die Lamina propria der Fascia dentata mit der Lamina grisea circumvoluta zusammen und spricht von dem Uebergange eines oberflächlichen Stratum granulosum (?) des Gyrus Hippocampi in den regelmässigen Körnchenstreifen der Fascia dentata.

4. Mikroskopische Beschreibung des Pes Hippocampi major.

Die oben angeführten Beobachter haben die mikroskopische Beschreibung des Pes Hippocampi major durch die Eintheilung in zahlreiche Schichten verwickelt und schwer verständlich gemacht, welche zum grossen Theile durchaus nicht begründet sind, weil sie nur auf secundären Unterschieden beruhen, wie z. B. auf dem Vorkommen nur weniger Zellen in gewissen Zonen, in denen dagegen die Fortsätze von Zellen aus tiefer liegenden Schichten vorherrschen.

Wenn wir nur den histologischen Bau zum Eintheilungsgrund in Schichten nehmen wollen, ohne auch die Beziehungen und Herkunft der Schichten selbst zu beachten, so ist offenbar der Bau des Pes Hippocampi major durchaus nicht so complicirt, als man nach den angeführten Eintheilungen glauben kann.

Ich habe schon früher bemerkt, dass an der Bildung des fraglichen Organs zwei Hirnwindungen Theil nehmen, welche von einander nicht weniger durch ihre Herkunft und ihre Beziehungen, als durch ihren Bau abweichen. Dem Pes Hippocampi major können wir also zuschreiben: vor allem die beiden Schichten grauer Substanz, welche zu den beiden Windungen gehören; ferner die Schichten von Nervenfasern, welche hier, wie in allen Windungen von den in der grauen Substanz zerstreuten Ganglienzellen herkommen; also im Ganzen vier Schichten. Mit dieser Unterscheidung, welche man auch mit blossem Auge machen kann, stimmt die mikroskopische Untersuchung überein. Ausserdem ist zu bemerken, dass die Schicht grauer Substanz in jeder der Windungen, welche an der Bildung des Ammonshorns Theil nehmen, von ungewöhnlich einfachem Bau, ja vielleicht die einfachste von allen Windungen ist; darum ist kein Grund vorhanden, in jeder von ihnen noch eine Unterabtheilung anzunehmen.

---

1) W. KRAUSE, Allgemeine mikroskopische Anatomie, Hannover 1876.

Was die Zahl und Anordnung der typischen Windungen betrifft, so würden die beiden Windungen, welche sich zur Bildung des Pes Hippocampi major vereinigen, jedenfalls folgende Abänderungen darbieten:

1) Zu der grauen Schicht, der bedeutendsten unter den beiden Windungen (Stratum griseum circumvolutum) würden zwei Schichten von Nervenfasern gehören, von denen die eine an der Fläche liegt, welche man die oberflächliche nennen könnte, die andere an der, welche man die untere nennen müsste. Uebrigens ist es bekannt, dass es auch unter den gewöhnlichen Windungen einige giebt, welche eine dünne Schicht von Marknervenfasern auch in ihrer oberflächlichen Zone aufweisen.

2) Dagegen kann man der zweiten grauen Schicht des Pes Hippocampi major keine besondere Markschicht zuschreiben, obgleich die von ihren Zellen herkommenden Fasern in einer Anordnung und einem Verlauf, den man in anderen Windungen nicht antrifft (s. die Beschreibung der Tafeln 24 und 26), die andere graue Schicht durchziehen und sich mit den aus ihr kommenden Fasern verbinden. Die Ausnahme bezieht sich hier jedenfalls nur auf den besonderen Verlauf der Fasern, denn in Hinsicht auf die wesentliche Thatsache, dass die Fasern der einen Schicht sich mit denen der anderen vermischen, wäre hier durchaus nichts Ungewöhnliches; es ist bekannt, dass von verschiedenen Windungen herkommende Faserbündel sich in der Tiefe vermischen.

Es ist überflüssig, zu sagen, dass man bei der Aufzählung der Schichten ihre Wiederholung durch die Krümmung, welche sie erfahren, nicht berücksichtigen darf, denn sonst würden alle Schichten zweimal gezählt, was ihre Beschreibung ohne Noth compliciren würde.

Die vier Schichten, aus welchen der Pes Hippocampi major besteht, sind die folgenden:

1) Die medullare Bekleidung des Pes Hippocampi major nach den Seitenventrikeln zu (s. Taf. 19, 21, 22, 23 *a, a, a*) steht in Verbindung ausser mit den drei Pfeilern, wie oben gesagt wurde, auch mit der weissen Substanz der Windung des Hippocampus; man kann sie also als der Markschicht der Windungen im Allgemeinen entsprechend betrachten.

2) Stratum griseum circumvolutum. Es ist die Fortsetzung der Rindenschicht der Windung des Hippocampus, oder des Subiculum cornu Ammonis (*b, b, b* in den genannten Figuren).

3) Stratum von Nervenfasern, welches die äussere Oberfläche der Schicht begrenzt. Es ist die Fortsetzung der medullaren Bekleidung (Substantia reticularis alba) der Windung des Hippocampus. In die Dicke des Pes Hippocampi major eintretend, nimmt es den Namen Lamina medullaris circumvoluta an (*c, c, c* ibid.).

4) Das graue Stratum, welches die Fascia dentata bildet. Diese Platte von grauer Substanz, (*d, d, d* ibid.) dringt in die durch die Zurückbiegung des Stratum griseum circumvolutum gebildete Furche ein. Sie ist eine Fortsetzung des Streifens von grauer Substanz, welche längs der ganzen oberen Fläche des Corpus callosum zur Seite der Medianfurche läuft.

Wenn wir also die Schichten in streng histologischem Sinne nach ihrer Aufeinanderfolge von innen nach aussen angeben, haben wir 1) die innere oder erste Schicht von Nervenfasern (Alveus), 2) die Schicht der grossen Ganglienzellen (Stratum griseum circumvolutum), 3) die zweite oder äussere Schicht von Nervenfasern (Lamina med. circumvoluta), 4) die Schicht der kleinen Ganglienzellen (Fascia dentata).

Es ist klar, dass, wenn man in der Aufzählung der Schichten auch die durch ihre Windungen entstandenen Wiederholungen mitrechnen wollte, man noch zwei andere hinzufügen müsste, nämlich eine zweite Schicht von kleinen Ganglienzellen (Wiederholung der die Fascia dentata bildenden Lamina grisea) und eine aschgraue Schicht, welche durch die Fortsetzung und Endigung des Stratum griseum circumvolutum gebildet wird, in welcher sich ein von der Fimbria herkommendes Nervenbündel ausbreitet.

Ferner ist zu bemerken, dass die einzelnen hier angegebenen Schichten in ihren verschiedenen Zonen ein etwas verschiedenes Aussehen darbieten, welches von Zuständen secundärer Wichtigkeit herrührt. In der Lamina grisea circumvoluta z. B. kann die Verschiedenheit von der mehr oder weniger dichten Lagerung der Zellen oder von der grösseren oder geringeren Menge von Bindegewebselementen, oder auch davon herrühren, dass in gewissen Zonen, z. B. nach dem Inneren zu die Zellfortsätze über die Zellkörper vorwiegen. Aber da es sich nicht um wesentliche Structuränderungen handelt, sondern bloss um allmähliche Uebergänge, so ist kein Grund vorhanden, die Beschreibung durch Aufstellung von ebensoviel Schichtenabtheilungen zu compliciren, als kleine Aenderungen des Aussehens vorhanden sind. Diese Abweichungen werden besser bei der Beschreibung der einzelnen Schichten erwähnt werden.

Was den Pes Hippocampi des Menschen betrifft, so ist es bemerkenswerth, dass man bei Erwachsenen und Greisen auffallend oft bedeutende Unterschiede im Vergleiche mit jungen Leuten antrifft. Bei letzteren pflegt der Unterschied der Schichten deutlich ausgeprägt zu sein, wie man es bei denjenigen Thieren beobachtet, bei welchen dieser Hirntheil gut entwickelt ist, während man bei Erwachsenen und Greisen nicht selten undeutliche Uebergänge, Adhärenzen zwischen Schichten oder andere Modificationen, in Folge von starker Entwickelung des Bindegewebes, weniger regelmässigem Verlauf der Nervenbündel etc. antrifft.

Man wird also wohlthun, zum histologischen Studium immer Gehirne junger Leute zu benutzen, oder auch Gehirne von Thieren, bei denen übrigens, was das Ammonshorn betrifft, die Structurverhältnisse wesentlich den menschlichen gleich sind. Wenn man also feine Reactionen erhalten will, welche die grösste Frische des Gewebes erfordern, so muss man sich durchaus der Thiergehirne bedienen.

Die Gehirne von Pferden, Ochsen, Hunden, Kälbern, Schafen, Kaninchen und Ziegen sind alle für diesen Zweck passend, und mit wenig Unterschieden in der grösseren oder geringeren Entwickelung des einen oder anderen Theiles findet man in ihnen Gleichheit des Baues, nicht nur untereinander, sondern auch mit dem Menschen. Uebrigens ist es immer nützlich, vergleichende Untersuchungen anzustellen, denn wenn z. B. bei einem Thiere eine Einzelnheit deutlicher ist, so kann sie als Anzeichen dienen, um dieselbe Einzelnheit bei anderen Thieren und selbst beim Menschen bemerklich zu machen, wo sie zufällig weniger deutlich wäre, ja sogar ein Mittel liefern, um ihre Bedeutung zu erkennen.

Da ich in Verfolgung dieses Zweckes auch für das Ammonshorn immer die Untersuchungen am Menschen mit denen an Thieren verbunden habe, so glaube ich hier auch sowohl von der einen, als von der anderen Rechnung ablegen zu sollen.

Unter den vielen Thieren, welche Gegenstand meiner Studien gewesen sind, habe ich das Kaninchen als das geeignetste befunden, denn während seine verhältnissmässig stark entwickelten Ammonshörner denen des Menschen vollkommen entsprechen (sowohl was die Unterscheidung und die Beziehungen der Schichten, als was den histologischen Bau betrifft), so macht sie zugleich die grössere Einfachheit aller einzelnen Schichten zu einem offenbar viel besser geeigneten Gebiete für die deutliche Darlegung der histologischen Einzelnheiten und vorzüglich der Beziehungen der verschiedenen Schichten und Faserbündel zu den Zellengruppen.

Abgesehen davon, dass es unmöglich ist, von dem Pes Hippocampi des Menschen ganz frische Stücke zu erlangen, welche nöthig sind, um die feinsten histologischen Einzelnheiten zur Erscheinung zu bringen, so wäre es offenbar wegen des viel grösseren Umfanges unmöglich gewesen, in den Abbildungen alle feinsten Einzelnheiten anzubringen, während der Pes Hippocampi des Kaninchens, wenn auch verhältnissmässig stark entwickelt, Grössenverhältnisse besitzt, welche eine klare Darstellung auch auf Tafeln von mässiger Grösse erlauben.

Ich werde also zuerst die Resultate meiner Untersuchungen über das Kaninchen abhandeln und dann die über den Menschen, wobei ich meinen Vortrag auf die Darstellung der Unterschiede werde beschränken können, welche der Pes Hippocampi major des Menschengehirns von dem des Kaninchengehirns darbietet.

Ich will hierüber schon jetzt erklären, dass meine Abbildungen von dem Pes Hippocampi des Kaninchens, wie man auf den ersten Blick an den vielen Präparaten, die ich aufbewahre, bemerken kann, als schematische Bilder (bloss im Sinne der grösseren Einfachheit und der geringeren Entwickelung der einzelnen Schichten) von dem Pes Hippocampi major des Menschen dienen könnten.

Der Pes Hippocampi major des Kaninchens. Die angegebene allgemeine Eintheilung in vier Schichten zeigt sich beim Kaninchen mit der grössten Klarheit. Ich werde dieselben in der schon oben angenommenen Reihenfolge vorführen, nämlich von innen nach aussen.

1) Innere oder erste Nervenfaserschicht (Alveus). Ueber diese Schicht will ich nur bemerken, dass Kupffer seltsamer Weise behauptet hat, sie habe durchaus keine Beziehungen zu den darunter liegenden Schichten, während es doch, auch mit den einfachsten Untersuchungsmethoden, leicht ist, zu bemerken, dass aus ihrer ganzen befestigten Fläche zahlreiche Nervenfasern schief nach der darunter liegenden grauen Schicht verlaufen. Sie gehen zum grössten Theile in die nervösen Fortsätze der Ganglienzellen dieser folgenden Schicht über, welche hier in regelmässiger Reihe liegen, oder verbinden sich mit den von diesen Fortsätzen ausgehenden Filamenten, zum Theil die von eben diesen Zellen eingenommene Zone durchziehend,

verbreiten sie sich weiterhin, in der grauen Schicht. Ich bemerke schon jetzt, dass ich habe feststellen können (s. Taf. 17, Fig. 2 und 3), dass viele der von den nervösen Fortsätzen herkommenden Fäden eine der der letzteren entgegengesetzte Richtung einschlagen und in die graue Schicht zurückkehren, wo sie ebenfalls in zahlreiche, äusserst feine Fäden zerfallen, welche zugleich mit den soeben erwähnten Nervenfasern zur Bildung des feinen Geflechtes oder diffusen Netzes in der ganzen grauen Substanz beitragen.

Die unsere Schicht bildenden Fasern kommen also her: zum Theile direct von den Nervenzellen der inneren, oder ersten grauen Schicht, zum Theile auch von denselben Zellen, aber indirecter Weise, d. h. von dem diffusen Geflechte, welches von den Zweigen der nervösen Fortsätze abstammt; zum Theile auch verlaufen sie längs der inneren Oberfläche des Pes Hippocampi major und kommen aus der grauen Substanz des Gyrus Hippocampi. Diese letztere Herkunft, mit welcher ich mich für jetzt nicht beschäftigen werde, kann man mit Sicherheit nachweisen, indem man schon mit blossen Augen sieht, dass die weisse Schicht des Alveus in directer Beziehung zu der weissen Substanz der Windung steht, für deren einfache Fortsetzung man sie halten könnte.

Die fragliche weisse Schicht besteht zum allergrössten Theile aus ziemlich feinen Markfasern, aber wie es in einer ihrem Ursprunge so nahen Faserschicht natürlich ist, so findet man darin auch alle Uebergänge von Markfasern zu Primitivfibrillen von äusserster Feinheit.

Ganz in der Dicke der Schicht findet man auch nicht selten Ganglienzellen von ovaler Gestalt einzeln zerstreut (s. Tafel 18, Fig. 2), oder auch spindelförmige, polygonale oder ganz unregelmässige, welche der Regel gemäss mit mehreren Protoplasmafortsätzen (4—6—8 und mehr) und einem einzigen nervösen Fortsatze versehen sind. Von diesem letzteren habe ich mehrmals secundäre Nervenfäden entspringen sehen. Offenbar handelt es sich um Elemente, welche während der embryonalen Entwickelungsperiode ausserhalb der regelmässigen, der folgenden grauen Schicht zukommenden Reihe geblieben sind, aber nach ihren wesentlichen Eigenschaften und Beziehungen nichts anderes darstellen, als die streng zu eben dieser grauen Schicht gehörenden Zellen.

Die ventriculäre Oberfläche dieser Schicht ist, wie bekannt, mit einem (sogenannten) Epithelium bekleidet, gleich dem, welches den ganzen Seitenventrikel auskleidet. Ueber diesen Ueberzug möchte ich darauf aufmerksam machen (s. Tafel 25), dass die einzelnen, ihn bildenden Zellen von der gewöhnlichen Beschreibung abweichen, indem sie nach dem Gewebe, auf welchem sie liegen, nicht einen, sondern mehrere starke, verzweigte Fortsätze aussenden, welche nach verschiedenen Richtungen in dieses Gewebe eindringen, sich zum Theile an die Gefässwände ansetzen und sich zum Theile in grosser Entfernung von ihrem Ursprunge verlieren, ohne dass man ihr endliches Schicksal bestimmen kann.

Unterhalb dieses sogenannten Epitheliums findet sich dann eine zusammenhängende Schicht von strahligen Bindegewebszellen (man sehe dieselbe Taf. 25 und auch Taf. 20, Schicht *A*), wie man sie im Centralnervensystem überall zerstreut findet. Die Fortsätze derselben, wie es für die Bindegewebselemente dieser Organe allgemeines Gesetz ist, setzen sich mit kräftigen Ausbreitungen an die Gefässwände an.

An diese Zellen scheinen viele Protoplasmafortsätze aus der Basis der Nervenzellen heranzutreten, welche dem Stratum griseum circumvolutum angehören.

2) Die Schicht der grossen Ganglienzellen (Stratum griseum circumvolutum). Da diese Schicht die directe Fortsetzung der Rinde der Windung des Hippocampus darstellt, so zeigen sich uns die zelligen Elemente, welche einen Hauptbestandtheil von ihr ausmachen, als einfache Modificationen der pyramidalen Zellen der Windung des Hippocampus selbst.

Die Modificationen beziehen sich auf Anordnung und Gestalt.

Die Anordnung betreffend, bestehen sie hauptsächlich darin, dass, während in der Windung des Hippocampus, wie in allen anderen, die Zellen mit einer gewissen Gleichförmigkeit durch die graue Schicht vertheilt sind, dieselben bei dem Uebergange in das Ammonshorn sich allmählich in einer beschränkten Zone anordnen, nahe der Peripherie der grauen Substanz, wo sie sich mit auffallender Regelmässigkeit in einfacher, doppelter und selbst dreifacher Reihe aufstellen. Daher haben die oben angeführten Histologen eine besondere Schicht von Nervenzellen aufgestellt, verschieden von dem Reste der Lamina grisea circumvoluta. Hier ist zu bemerken, dass diese sogenannte Zellschicht nichts weiter ist, als derjenige Theil der Schicht, wo die Zellen

gedrängter liegen, weil ihr der dickste, den Kern enthaltende Theil der Zelle entspricht. Aber da die Zellkörper sich nach beiden Richtungen bis zu beiden Grenzen des Stratum griseum circumvolutum erstrecken, so liegt kein bestimmter Grund vor, diese Zone als etwas Besonderes zu beschreiben. Dazu kommt noch, dass die Beschränkung der Zellen auf eine gewisse Zone bei Kaninchen, Meerschweinchen, Katzen und anderen kleinen Thieren allerdings deutlich ausgesprochen ist, bei Thieren mit stark entwickeltem Gehirn aber nicht vorkömmt. Sie fehlt ausser beim Menschen auch bei dem Hunde, Ochsen, Kalbe, Schafe, Pferde etc. Ausserdem ist es auch für das Kaninchen nicht richtig, dass nicht hier und da Nervenzellen in dem ganzen Stratum griseum circumvolutum vorkämen; man findet sehr oft mehrere in einem einzigen Präparate, auch in dem sogenannten Stratum radiatum.

Was die Abänderungen der Gestalt anbetrifft, welche die Nervenzellen beim Uebergange aus dem Subiculum in das Stratum griseum circumvolutum des Ammonshornes erfahren, so wäre es ebenso schwierig, als überflüssig, die vielen Variationen mit Worten zu beschreiben. Ich muss mich daher auf die Tafeln 17, 18, 20, 23, 24, 25, 26 beziehen, wo alle Zellformen mit der scrupulösesten Genauigkeit abgebildet sind.

Hier will ich nur bemerken, dass die Hauptabänderungen bestehen: 1) in dem allmählichen Uebergange aus der pyramidalen Form der Zellkörper in die spindel- oder eiförmige, welche bei vielen in Folge einer leichten Verlängerung der Basis der Pyramide eintritt; 2) in der viel grösseren Menge von Basalfortsätzen, welche die meisten von ihnen aussenden.

Von den Durchmessern der Zellen dieser Schicht werde ich natürlich nur den Breitendurchmesser angeben, welcher zwischen 15, 25 und 30 μ wechselt. Die Länge entspricht für die grosse Mehrzahl dieser Zellen der ganzen Breite des Stratum griseum circumvolutum, indem sie mit ihren Fortsätzen in der Regel sich von der einen bis zu der anderen Grenze der ganzen Lamina circumvoluta erstrecken, mit Einschluss auch der beiden Platten von weisser Substanz, welche längs beiden Rändern der Schicht verlaufen.

Form. Wenn man bloss den Zellkörper berücksichtigt, so kann man pyramidale, ovale, spindelförmige und atypische unterscheiden. Welche auch die Form sein möge, so kann man in ihnen eine kräftige Fortsetzung des Zellkörpers nach der äusseren Oberfläche des Stratum griseum circum volutum erkennen. Diese Fortsetzung theilt sich in kurzer Entfernung von dem dicksten Theile der Zelle in zwei oder drei starke Aeste, welche sich während ihres ganzen Verlaufs durch die Schicht weiter theilen, aber erst in der Nähe ihrer äusseren Grenze sehr fein werden. Andere Male dagegen dauert die äussere Fortsetzung des Zellkörpers in nur wenig geringerer Breite, als die des Zellkörpers, bis über die Hälfte der Schicht an und beginnt dann erst, sich in Zweige zu theilen.

Von dem ventriculären Ende dagegen senden die Zellen in der Regel einen wahren Pinsel feiner Fortsätze aus, welche sich dichotomisch verzweigen und zuerst die hinter den Zellkörpern liegende Zone durchziehen, welche von ihnen das besondere Aussehen enthält, um dessentwillen ihr Kupffer den Namen Stratum moleculare beigelegt hat, und bis zu der Bindegewebsschicht gelangen, welche unmittelbar unter dem Ventricular-Epithelium liegt.

Unter den zahlreichen, von dem Zellkörper ausgehenden Fortsätzen kann man immer einen unterscheiden, welchen man an seinem besonderen Aussehen auf den ersten Blick als den nervösen Fortsatz erkennt. Alle anderen zeigen die Merkmale der sogenannten protoplasmatischen Fortsätze.

Ueber den Austrittspunkt des nervösen Fortsatzes giebt es keine feste Regel. In der grossen Mehrzahl der Fälle entspringt er von dem nach der inneren Markschicht zu liegendem Theile der Zelle, und hier muss man ihn mitten in dem Pinsel der Protoplasmafortsäzte aufsuchen, welche von derselben Seite herkommen. Ausserdem trifft man nicht selten Zellen an, deren nervöser Fortsatz von einer Seite entspringt (s. Tafel 17, Fig. 1, 2, 4, und Tafel 22, Fig. 4), auch habe ich einige seltene Zellentypen gefunden, bei denen dieser Fortsatz aus dem entgegengesetzten Ende hervortrat (s. Tafel 18, Fig. 2). Aber sowohl im zweiten, als im dritten Falle biegt er sich entweder sogleich, oder in kurzer Entfernung von seinem Ursprunge um und wendet sich nach der Faserschicht, welche sich hinter den Zellkörpern befindet (Alveus).

Welche Richtung er auch nehmen möge, so lässt er, in der Entfernung von 10—15—20 μ von seinem Ursprung beginnend, eine Reihe von secundären Fasern austreten, welche sich sehr fein und complicirt verzweigen und zum Theil zu der Faserschicht gehen, zum Theil entweder in der grauen Schicht bleiben, wenn sie aus nervösen Fortsätzen entsprungen sind, welche in der zuletzt genannten Richtung verlaufen, oder in die

Schicht selbst zurückkehren, wenn sie von nervösen Fortsätzen herrühren, welche sich, wie es fast allgemeine Regel ist, bei ihrem Austritt aus der Ganglienzelle der weissen, ventriculären Schicht zugewendet haben.

Die einen, wie die anderen nehmen an der Bildung des diffusen, nervösen Netzes des Stratum griseum circumvolutum Theil, indem sich auch hier in Bezug auf die Ursprungsart der Nervenfasern die im allgemeinen Theile dieser Arbeit beschriebenen Einzelnheiten wiederholen.

Das Verhalten der Protoplasmafortsätze entspricht ebenfalls allem, was ich darüber gesagt habe, als ich von den Nervenzellen im Allgemeinen sprach. Sie anastomosiren durchaus nicht unter einander, gehen nicht direct in Nervenfasern über, noch nehmen sie an deren Bildung indirect Theil, indem sie sich in Fibrillen auflösen und in ein Netz übergehen.

Ihre letzten Verzweigungen treten dagegen immer mit Bindegewebszellen oder Blutgefässen in Verbindung.

Diejenigen, welche von dem inneren Ende der Nervenzellen ausgehen und, wie ich bemerkte, in ihrem Ganzen einen wahren Pinsel bilden, setzen sich in Verbindung mit den Bindegewebszellen des Ependyms, oder auch mit denen, welche in der entsprechenden Schicht von Nervenfasern zerstreut liegen. Die den nach aussen gerichteten Theilen der Zelle zugehörenden durchziehen dagegen, immer kräftig bleibend (obgleich sie fortfahren, Seitenzweige abzugeben), die ganze Dicke der Lamina grisea circumvoluta (wobei sie das sogenannte Stratum radiatum von Kupffer und Meynert bilden). Wenn sie in der Nähe der äusseren Grenze der Schicht angekommen sind, werden ihre Unterabtheilungen zahlreicher und zu ziemlich dünnen (aber niemals ganz feinen) Zweigen, welche zuletzt mit zahlreichen Bindegewebszellen in Verbindung treten, die sich in der Randzone dieser Schicht, wie in der oberflächlichen Zone aller Windungen vorfinden (s. Tafel 20 und 25).

Es versteht sich von selbst, dass die Bindegewebselemente auch in der ganzen Dicke der die weisse, gewundene Platte bildenden Schicht von Nervenfasern in Menge vorhanden sind, und dass hierher auch die letzten Verzweigungen der Protoplasmafortsätze gelangen.

In Bezug auf die soeben beschriebenen Einzelnheiten bemerke ich, dass theils wegen der immer grösseren Menge von Bindegewebselementen, welche man antrifft, wenn man von der inneren zur äusseren Grenze des Stratum circumvolutum fortschreitet, theils wegen der Zahl der Gefässe, welche ebenfalls nach aussen hin zunimmt, theils endlich, weil die Protoplasmafortsätze, wenn sie dort angekommen sind, viel feiner geworden sind und ein complicirtes Geflecht bilden, das äussere Viertel der Schicht im Ganzen ein etwas anderes Aussehen darbietet, als der Rest. Wenn man es daher mit einem besonderen Namen bezeichnen wollte, so könnte man ihm, um es genauer zu bezeichnen, ohne aus ihm etwas wesentlich Verschiedenes machen zu wollen, die Benennung »Bindegewebszone« oder »Endigung der äusseren Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen« beilegen.

3) Zweite oder äussere Schicht von Nervenfasern (Lamina medullaris circumvoluta). — Sie besteht vorwiegend aus Markfasern, welche zum grössten Theil parallel mit der äusseren Oberfläche des Stratum griseum circumvolutum verlaufen; mitten unter den Fasern finden sich durchaus keine Ganglienzellen, die von Meynert beschriebenen Spindelzellen sind ganz hypothetisch.

Dieses Faserblatt ist innig mit dem Stratum griseum circumvolutum verbunden.

Wenn man auf Querschnitten des Ammonshorns den Verlauf dieser Platte von Nervenfasern verfolgt, so kann man bemerken, dass sie, längs der Oberfläche des Subiculum, oder längs der Furche, welche die Lamina circumvoluta von der Fascia dentata trennt, hinlaufend, der Entwickelung des Stratum griseum circumvolutum folgt, sich immer an ihrer äusseren Grenze haltend, und dass sie auf diesem Wege allmählich dünner wird, weil die sie bildenden Fasern, aus den Bündeln, zu denen sie gehören, divergirend, sich nach und nach in der grauen Schicht verlieren, sowie dass endlich der Ueberrest, wenn er an der zweiten Krümmung der genannten Schicht anlangt, in den von den beiden Zweigen der Fascia dentata gebildeten Raum eintritt, wo er sich zwischen die hier unregelmässig zerstreuten Zellen mischt, welche übrigens auch noch zu dem Stratum griseum circumvolutum gehören.

Dieser Befund, welchen man mit den einfachsten Untersuchungsmethoden und bei schwacher Vergrösserung feststellen kann, lässt sich durch Anwendung der Methoden, bei welchen die Nervenfasern schwarz gefärbt und scharf hervorgehoben werden, also mit der Anwendung der Osmiumsäure, des Goldchlorürs und

besonders des Bichromats und Silbernitrats reichlich bestätigen und erweitern. Mit dieser letzten Methode kann man zahlreiche, durch ihre schwarze Farbe scharf hervortretende Nervenfasern sehen, wie sie von ihrem Laufe längs der Platte abweichen und schief in die benachbarte graue Substanz eindringen, und sich auf ziemlich complicirte Weise theilen, um sich zuletzt mit dem daselbst bestehenden diffusen, nervösen Geflechte zu vereinigen.

4) Schicht der kleinen Ganglienzellen (Fascia dentata). Ich fasse in dieser Schicht sowohl die von den Autoren unter dem Namen Stratum moleculare secundum, als die sogenannte Körnerschicht zusammen und halte die Trennung darum für unzweckmässig, weil die beiden Zonen ganz von derselben Art von Ganglienzellen eingenommen werden.

Der einzige Unterschied besteht darin, dass die erste der genannten Schichten vorwiegend durch die eine dichte Reihe bildenden Protoplasmafortsätze dieser Zellen eingenommen wird, während die zweite die kleinen Zellkörper enthält.

Die zu dieser zweiten grauen Schicht gehörenden Zellen sind charakteristisch und finden ihres Gleichen in keinem von den Zellentypen der Windungen.

Wenn ich die Vergleichung auf die Zellen des Stratum griseum circumvolutum beschränke, so bemerke ich, dass die Unterschiede sich auf Grösse, Gestalt und Art des Ursprungs des nervösen Fortsatzes beziehen.

Die Form der der Fascia dentata angehörenden Zellen ist fast ohne Ausnahme rund oder oval. Ihr Breitendurchmesser beträgt 10—20 μ, die Länge, wenn man den Zellkörper allein betrachtet, schwankt zwischen 15 und 30 μ; wenn man aber die ganze Ausdehnung der Protoplasmafortsätze einrechnet, so kann man sagen, sie entspreche der ganzen Breite der Schicht.

Die Zellkörper liegen regelmässig längs einer beschränkten Zone und bilden eine einfache, doppelte, dreifache oder selbst vierfache Reihe. Diese Regelmässigkeit der Anordnung ist der Grund, dass auch bei den schwächsten Vergrösserungen die Zone, welche die Zellkörper enthält, mit besonderer Deutlichkeit hervortritt. Man bemerke jedoch, dass nicht alle den Streifen bildenden Kerne auf Nervenzellen zu beziehen sind; viele derselben gehören zu Bindegewebszellen, welche neben ihnen liegen.

In der Art, wie diese kleinen Zellen ihre Fortsätze aussenden, besteht eine Aehnlichkeit mit den Zellen von Purkinje in der Kleinhirnrinde, d. h. von einer Seite entspringen die Protoplasmafortsätze, von der entgegengesetzten der einzige nervöse Fortsatz. Die ersteren, 2, 3, 4, 6 oder mehr an der Zahl, gehen von dem nach dem Stratum griseum circumvolutum gelegenen Zellenpole aus, durchziehen, sich gabelnd, die graue, die Fascia dentata bildende Schicht in ihrer ganzen Breite und endigen an deren äusserster Grenze. Selbstverständlich gilt diese Beschreibung der Endigungsweise der Protoplasmafortsätze für denjenigen Theil der Fascia dentata, welcher an des Stratum griseum circumvolutum stösst; in jenem Theile der Lamina dentata, welcher oberflächlich bleibt, endigen diese Fortsätze an der äusseren Oberfläche. Der nervöse Fortsatz dagegen geht von dem entgegengesetzten Pole aus und tritt in den Theil des Stratum griseum circumvolutum, welcher sich nach innen biegt, um den von der Fascia dentata begrenzten Raum einzunehmen (s. Tafel 23, 24, 25, 26, 27.)

Die Endigungsweise der Protoplasmafortsätze entspricht auch hier dem allgemeinen Gesetze: nachdem sie nämlich die ganze graue Schicht durchzogen haben, welcher sie angehören, setzen sie sich in Verbindung mit den Bindegewebszellen, welche daselbst in sehr grosser Menge vorhanden sind, so dass sie fast eine zusammenhängende Grenzschicht bilden. Diese Bindegewebszellen stehen ihrerseits in inniger Verbindung mit den die Schicht durchziehenden Gefässen, indem sie sich entweder mittelst starker Fortsätze an dieselben anheften, oder ihnen selbst fest anliegen. So tragen sie zur Aufrechterhaltung der Scheidung zwischen dieser Schicht und der gegenüberliegenden bei.

Das soeben beschriebene Verhalten der Protoplasmafortsätze ist um so bedeutungsvoller, weil bei dem völligen Mangel an Nervenfasern in dieser Schicht jeder Verdacht ausgeschlossen wird, dass zwischen diesen und Protoplasmafortsätzen die innigen Beziehungen der Abstammung bestehen, welche viele Histologen noch immer annehmen.

Das Verhalten des nervösen Fortsatzes der Zellen der Fascia dentata bietet besonderes Interesse, weil es das Genaueste und am meisten in das Einzelne Gehende darstellt, was man bis jetzt über die Beziehungen

kennt, welche im Gehirn zwischen nervösen Zellen und Fasern bestehen. In dieser Hinsicht möchte ich die Aufmerksamkeit ganz besonders auf meine Abbildungen lenken (s. vorzüglich Tafel 24, 26 und 27), weil sie mit aller Genauigkeit die Art darstellen, wie ein nervöses Faserbündel aus einem Theile des Gehirns sich mit einer Kategorie von Zellen aus denselben Theilen verbindet (es ist bekannt, dass ich die gleichen Beziehungen beim Menschen und ausserdem bei dem Hunde, der Katze, dem Kalbe habe feststellen können), und weil sie wahrscheinlich zugleich das allgemeine Schema der Verbindungsweise einer der zwei oder drei Kategorien von Nervenfasern angeben, welche wir im Gehirn annehmen können.

Von rein histologischem Gesichtspunkte verdienen diese Befunde um so mehr Aufmerksamkeit, als die Nervenzellen der Fascia dentata zu den kleinsten des Centralnervensystems gehören, und ihr nervöser Fortsatz einen Faden von äusserster Feinheit bildet.

Nachdem er aus dem oben genannten Pole, oder ein wenig seitlich aus (s. Tafel 27) der kleinen, kugligen Zelle entsprungen ist, tritt der nervöse Fortsatz in geradliniger oder schiefer Richtung in die Randzone der letzten Ausbreitung des Stratum circumvolutum ein und beginnt hier, 25—30 μ von seinem Ursprunge entfernt (womit er dann eine mehr oder weniger lange Strecke fortfährt), seitlich feine Fibrillen abzugeben, welche sich weiter verzweigen und zu äusserst feinen Fäden werden. Diese verflechten sich, verbinden sich vielleicht mit solchen, die von anderen nervösen Fortsätzen abstammen, und bilden zuletzt ein verwickeltes, nervöses Netz oder Geflecht, welches eine wohl begrenzte Zone von der Breite von ungefähr 50—60 μ einnimmt; es beginnt in geringer Entfernung von dem durch den Körper der kleinen Zellen eingenommenen Streifen und erstreckt sich bis zu der Krümmung der concaven Seite der Fascia dentata. Den nervösen Fortsatz kann man als solchen, trotz den Fäden, die er abgiebt, oft auf weite Strecken auf seinem Laufe durch das genannte Geflecht verfolgen, und nicht selten kann man ihm so weit nachgehen, dass man seine Fortsetzung in eine aus der Fimbria oder dem Alveus kommenden Faser beobachtet. Bisweilen aber zerfällt er in äusserst feine Fäden, welche sich zum Netze ausbreiten, und entzieht sich der Beobachtung als individueller Faden, indem er den Eindruck hervorbringt, als zerfalle er, um in toto an der Bildung des erwähnten nervösen Netzes oder Geflecht Theil zu nehmen.

Eine ähnliche Thatsache kann man wahrnehmen, wenn man nach entgegengesetzter Richtung die aus der Fimbria und dem Alveus kommenden Fasern verfolgt. Wenn die Reaction vorzüglich gelungen ist, kann man bisweilen Fasern beobachten, welche, nach Durchziehung der Zone, in welcher die Körper der Ganglienzellen der Lamina circumvoluta in regelmässiger Reihe liegen, in der Richtung nach den kleinen Zellen verlaufen und in nicht grosser Entfernung von der von diesen eingenommenen Schicht einige seitliche Fäden abgeben, welche, sich weiter verzweigend, sich nach anderen Stellen derselben Schicht wenden. Die Fasern erster, zweiter, dritter und vierter Ordnung dringen in das Netz ein, und einige davon verlieren sich darin, während andere beim Durchgange durch das Netz eine gewisse Individualität bewahren und dann (was ich jedoch nur in einigen besonders glücklichen Fällen feststellen konnte), in den nervösen Fortsatz einer Zelle übergehen.

Wenn man die gegenseitigen Beziehungen zwischen den verschiedenen Zellenarten und Nervenfasern, welche den Pes Hippocampi major bilden, übersichtlich zusammenfassen will, so muss man, glaube ich, annehmen:

1) Dass die Nervenfasern, welche die sogenannte Lamina nuclearis oder circumvoluta bilden, aus der grauen Substanz entspringen, mit welcher die genannte Markplatte in directer Verbindung steht, d. h. sie entspringen aus der Rinde der Windung des Subiculum und aus dem Stratum griseum circumvolutum.

2) Dass eben diese Fasern zu derjenigen Art von Fasern gehören, welche sich mit den Ganglienzellen nicht direct verbinden (durch directen Uebergang des Axencylinders jener in den nervösen Fortsatz dieser), sondern dass diese Verbindung indirect stattfindet, durch Vermittelung eines diffusen Netzes. Zu der Bildung dieses Netzes tragen einerseits die Nervenfasern mittelst ihrer feinen Verzweigungen bei, andererseits die aus den nervösen Fortsätzen der Ganglienzellen stammenden Filamente. Diese secundären Filamente haben, wie gesagt, eine der des Hauptfadens entgegengesetzte Richtung und dringen grösstentheils in die genannte graue Substanz ein. Endlich, glaube ich, ist es wahrscheinlich, dass an der Bildung jenes Netzes auch die nervösen Fortsätze einiger hier und da zerstreuten Zellen Theil nehmen, indem sie sich vollständig zertheilen.

3) Dass die Fasern des Alveus und der Fimbria direct von den Ganglienzellen (directer Uebergang des nervösen Fortsatzes in den Axencylinder) des Stratum griseum circumvolutum entspringen, welche, wie gesagt, in der Schicht in regelmässigen Reihen liegen. Auch hier halte ich es nicht für unwahrscheinlich, dass sich mit den Fasern des Alveus und der Fimbria auch viele secundäre Fäden mischen, welche von den nervösen Fortsätzen der fraglichen Zellen abstammen.

4) Dass die Fasern des Alveus und der Fimbria zum Theil auch von den kleinen Zellen der Fascia dentata entspringen; man erinnere sich hierbei an die von mir beschriebenen Einzelnheiten über das Verhalten und den Verlauf der nervösen Fortsätze dieser Zellen.

Aus der Gesammtheit dieser Thatsachen folgt offenbar, dass die Beziehungen zwischen den verschiedenen Arten von Ganglienzellen und Nervenfasern in dem Pes Hippocampi major durchaus nicht so einfach sind, wie man gewöhnlich anzunehmen pflegt.

Wenn es erlaubt ist, aus rein morphologischen Einzelnheiten einen allgemeinen Schluss auf die Function der specifischen Elemente des Nervensystems zu machen, so glaube ich aus dem Vorgetragenen schliessen zu sollen, dass auch für diese Zellenkategorie eine isolirte Leitung aus einer einzelnen Faser nach einer entsprechenden Zelle nicht annehmbar ist; sondern es ist hier, wahrscheinlich nur wegen der besonderen Verhältnisse der Schicht, mehr als anderwärts offenbar: 1) dass die Nervenfasern in der grauen Substanz, ehe sie zu den Zellen gelangen, wahrscheinlich unter einander mittelst eines durch das Zerfallen ihrer Verzweigungen entstandenen Fasernetzes in Verbindung treten; 2) dass sicher jede Nervenfaser, welche aus der weissen in die graue Substanz eintritt, sich durch Fibrillen, welche aus ihren Verzweigungen hervorgegangen sind, mit mehreren Nervenzellen in Verbindung setzt, welche weit von einander entfernt liegen können. 3) Da trotz der Abgabe zahlreicher seitlicher Fibrillen der den nervösen Fortsatz vieler Zellen darstellende Hauptfaden seine Individualität auch durch das aus secundären Fasern gebildete Netz oder Geflecht und bis in die Faserschicht bewahrt, so ist es auch nicht unmöglich, dass ein Hauptleitungsweg zwischen den einzelnen Zellen, oder Zellengruppen und entsprechenden pheripherischen Punkten durch bestimmte Fasern oder Faserbündel bestehe.

Wenn wir zuletzt noch einen zusammenfassenden Blick auf die verschiedenen, den Pes Hippocampi major bildenden Schichten werfen, um ihre Beziehungen begreifen und erklären zu können, so scheint es mir nicht überflüssig, Folgendes zu bemerken:

1) Die beiden Schichten grauer Substanz (des Stratum griseum circumvolutum und die Fascia dentata) beweisen durch ihr gegenseitiges Verhalten, dass sie nicht als zwei Zonen derselben Schicht, sondern als zwei ganz verschiedene Windungen zu betrachten sind. Man beobachtet in der That, dass die Fascia dentata an ihrer Windung einen Halbkanal bildet, in welchen der letzte Theil des Stratum circumvolutum sich einlegt und ausbreitet, so dass es eine Strecke weit seine beiden Oberflächen in directer Beziehung mit der ersteren zeigt, was nicht zu erklären wäre, wenn sie die Fortsetzung der oberflächlichen Schicht der Windung des Hippocampus darstellte.

Zur weiteren Bestätigung meiner Behauptung bemerke ich ferner, dass die Ganglienelemente ganz verschiedene gegenseitige Beziehungen aufweisen, als man in allen anderen bekannten Schichten von grauer Substanz kennt; sie stossen nämlich mit ihren Protoplasmafortsätzen aneinander, während sie ihre nervösen Fortsätze nach der entgegengesetzten Richtung entsenden, und zwar nicht nur nach der inneren Oberfläche des Stratum circumvolutum (was man vielleicht durch die von demselben ausgeführte Drehung erklären könnte), sondern auch nach einer Strecke der äusseren Oberfläche. Diese Anordnung würde derjenigen entsprechen, welche Ganglienzellen annähmen, welche in zwei einander gegenüberliegenden, sich mit ihrer Oberfläche berührenden Windungen lägen.

2) Das Ende des Stratum circumvolutum erscheint niemals frei an der Oberfläche, da es an einer Seite und zum grössten Theile durch die zu der Fimbria und dem Alveus gehörende Schicht bedeckt wird, während es da, wo dieser Ueberzug fehlt, unter der Fascia dentata liegt, welche, wie gesagt, eine Art Halbkanal bildet, in dessen Höhlung die letzte Ausbreitung des Stratum griseum circumvolutum liegt.

3) Das kegelförmige Bündel, welches, von der Fimbria ausgehend, schief in die graue Substanz der Lamina circumvoluta, entsprechend dem an dem Endpunkte der Fascia dentata (der äusseren Platte des Halbkanales) gelegenen Winkel, eindringt, ist für die der letzten Ausbreitung des Stratum griseum circumvolutum

angehörenden Zellen bestimmt, also für den Theil, welcher von der Fascia dentata umfasst wird; umgekehrt muss man jenes Bündel als von diesen Zellen herkommend betrachten.

4) Endlich lenke ich noch die Aufmerksamkeit auf folgende Beziehungen:

a) Die sich zu den Zellen der Fascia dentata begebenden Nervenbündel vereinigen sich mit den Fasern, welche den Alveus und die Fimbria bilden, welche, wie man weiss, sich mit den aus der Corona radiata herkommenden Markschichten verbinden.

b) Die Lamina circumvoluta setzt sich in die weisse Schicht fort, mit welcher die Windung des Hippocampus bekleidet ist (weisse, netzförmige Substanz).

c) Diese letztere setzt sich in die Fasern fort, welche der Länge nach auf der oberen, seitlichen Fläche des Corpus callosum verlaufen.

d) Obgleich man die Fasern der weissen, netzförmigen Substanz und der Lamina circumvoluta als aus den Ganglienzellen des Gyrus Hippocampi, des Subiculum und des Stratum griseum circumvolutum abstammend betrachten muss, so zwingt doch ihre complicirte Zertheilung zu der Annahme, dass sie mit den Zellen nur indirecte Beziehungen haben.

e) Dagegen sind die Fasern des Alveus und der Fimbria in directer (nicht isolirter) Verbindung mit den Zellen des Stratum griseum circumvolutum und der Fascia dentata.

f) Man muss also annehmen, dass die Ganglienzellen des Stratum griseum circumvolutum und wahrscheinlich auch die der Fascia dentata mit zwei Arten von Nervenfasern in Verbindung stehen, welche einen ganz verschiedenen Verlauf nehmen, nämlich mit den Fasern der Lamina circumvoluta (indirecte Verbindung), und mit denen des Alveus und der Fimbria (directe Verbindung).

Wenn wir eine allgemeine Folgerung über die physiologische Bedeutung der untersuchten Theile unternehmen wollen, so scheint es mir, dass sich auch hier, wenn man die von mir in der vorläufigen Besprechung über den centralen Ursprung der Nerven angeführten Gründe in Betracht ziehen will, eine Annahme von selbst darbietet, nämlich dass die Fasern der Lamina circumvoluta, welche bestimmt sind, an der Bildung des Geflechtes (oder Netzes) Theil zu nehmen, das ohne bestimmbare Grenzen durch das ganze Stratum griseum circumvolutum verbreitet ist, der sensoriellen Sphäre angehören, und dass die Fasern des Alveus und der Fimbria, welche mit den Nervenzellen desselben Stratum griseum circumvolutum und der Fascia dentata directe Beziehungen haben (nicht isolirt in Bezug auf die einzelnen Elemente), dagegen der motorischen oder psycho-motorischen Sphäre zuzurechnen sind.

In Bezug auf diese Folgerungen halte ich es durchaus nicht für überflüssig, nochmals zu erklären, dass sie, wenn sie auch wahrscheinlich sind, doch immer in das Reich der Hypothesen gehören, welche in ferneren Untersuchungen festere Begründung finden müssen.

Diesem Zwecke können vielleicht theilweise die Thatsachen dienen, welche ich in einer späteren Arbeit über das Corpus callosum mittheilen werde.

5) Die Pes Hippocampi major des Menschen.

Wenn ich auch den Pes Hippocampi des Menschen in allen seinen Einzelnheiten beschreiben wollte, so würde ich etwas ganz Ueberflüssiges thun, denn ich könnte nur widerholen, was ich über den des Kaninchens gesagt habe. Sowohl die Zahl, wie die Beziehungen der Schichten unter einander sind dieselben, ebenso der Verlauf der Nervenbündel, sowie die morphologischen Einzelnheiten des Baues, der Anordnung und der Beziehungen der Elemente zu einander.

Die einzigen bemerkenswerthen Unterschiede beziehen sich:

1) auf die verschiedene Entwickelung der einzelnen Schichten;

2) auf einige ganz secundäre Modificationen in der Lagerung der zelligen Elemente und in der entsprechenden Aenderung des Aussehens;

3) in einigen (ebenfalls ganz nebensächlichen) Unterschieden in der Form der Ganglienzellen, welche das Stratum griseum circumvolutum bevölkern.

Was den Grad der Entwickelung der verschiedenen Schichten betrifft, so ist dieselbe bei dem Menschen

natürlich viel beträchtlicher, obgleich man sagen muss, dass im Vergleich mit der ganzen Hirnmasse dieser Vorsprung bei dem Hunde, dem Ochsen, der Katze u. s. w. bei weitem mehr entwickelt ist, als beim Menschen. Die Complication der Schichten steht aber in geradem Verhältniss zu ihrer Entwickelung, daher bemerkt man in den verschiedenen Schichten des Pes Hippocampi des Menschen eine viel grössere Complication, als in den entsprechenden Schichten des Kaninchens.

Die auf die Anordnung bezüglichen Verschiedenheiten, kann man sagen, beziehen sich nur auf das Stratum griseum circumvolutum.

Während bei dem Kaninchen, wie man gesehen hat, der Uebergang vom Subiculum zur Lamina circumvoluta besonders dadurch bezeichnet wird, dass die Körper der Ganglienzellen in der zweiten sich in einem regelmässigen Streifen anordnen, so bleiben sie bei dem Menschen auch in dem Uebergange in der ganzen Schicht vertheilt, wie sie im Subiculum liegen, höchstens zeigen sie einen gewissen Grad von Zusammenschliessen der Reihen. Ferner ist zu bemerken, dass in der nach innen gebogenen Zone (in dem letzten Theile des Stratum circumvolutum, oder der von der Fascia dentata umfassten Zone) die darin angehäufte Menge von Zellen die Erkennung der Lagerung erschwert. Beim ersten Anblicke erscheinen die Zellen unregelmässig gelagert und von ganz atypischer Gestalt (mit unzähligen, nach allen Richtungen laufenden Fortsätzen); erst wenn man sorgfältig ausgeführte Durchschnitte studirt, viele Vergleiche anstellt und besonders auf die Richtung des nervösen Fortsatzes achtet, kann man ihre Anordnung mit der der vorhergehenden Theile derselben Schicht in Uebereinstimmung bringen und die scheinbare Unregelmässigkeit durch die Einwärtsbiegung erklären.

Die Formunterschiede, welche man bei der Vergleichung der grauen Schicht des menschlichen Pes Hippocampi mit derselben Schicht bei dem Kaninchen bemerken kann, bestehen nur darin, dass beim Menschen beim Uebergange aus der Rinde des Subiculum in das Stratum circumvolutum die Ganglienzellen die typische pyramidale Form behalten (s. Tafel 20), während bei dem Kaninchen die dreieckigen oder pyramidalen Zellkörper, indem sie sich zu dem besprochenen regelmässigen Streifen anordnen, eine Verlängerung der Basis zeigen, so dass sie sich der spindelförmigen oder ovalen Form nähern. Bei dem Kaninchen trägt auch zu dem Unterschiede im Aussehen der Zellen des Stratum circumvolutum im Vergleich mit denen des Subiculum der auffallende Pinsel von Fortsätzen bedeutend bei, welchen die ersteren in der Richtung des Ventricular-Epithels aussenden.

Wenn man die ganz wesentliche Thatsache in Betracht zieht, dass beim Menschen die Beziehungen der Ganglienzellen der verschiedenen Schichten unseres Vorsprungs (vermittelst des nervösen Fortsatzes) mit den Nervenfasern des Alveus, der Fimbria und der Lamina circumvoluta genau dieselben sind, wie sie beim Kaninchen beschrieben wurden, so stehe ich nicht an, anzunehmen, dass die angegebenen Abänderungen in der Form der Ganglienzellen fast nichts weiter sind, als den Entwickelungsbedingungen und der Ernährungszuständen der Zellkörper untergeordnete Zufälligkeiten.

6) Bemerkung über die obere Fläche des Corpus callosum.

Diese Bemerkung steht in Beziehung zu dem, was ich in der Untersuchung über den Pes Hippocampi major vorgetragen habe, und ihr Hauptzweck ist, Erklärungen über eine Thatsache zu geben, welche ich bei Beschreibung der Fascia dentata behauptet habe.

Unter den Einzelnheiten, welche von den Anatomen bei der Beschreibung der oberen Fläche des menschlichen Corpus callosum bemerkt zu werden pflegen, befinden sich auch zwei schmale, leicht erhabene Streifen, welche unmittelbar neben der Mittellinie hinlaufen (vom Knie zum Splenium). Sie sind von einander nur durch eine leichte Vertiefung getrennt und werden gewöhnlich Striae longitudinales medianae oder Nervi Lancisii genannt[1]).

Es ist unnöthig, zu sagen, dass diese Streifen als durch von vorne nach hinten laufende Nervenfasern

---

1) Striae longitudinales mediales, s. Nervi Lancisii, s. Striae longitudinales internae, s. liberae, Tractus longitudinales. Das Ganze der Striae longitudinales pflegt Raphe genannt zu werden. Von diesen Streifen muss man zwei andere unterscheiden, welche zur Seite des Corpus callosum und unterhalb des Ursprungs des Gyrus fornicatus verlaufen und nur nach Verschiebung der darüber gelagerten Windungen zu sehen sind, zu deren weisser Substanz sie gehören. Sie werden zur Unterscheidung Striae externae, Striae laterales longitudinales, Ligamentum tectum genannt.

gebildet betrachtet werden, und dieser Meinung ist, soviel ich weiss, bis jetzt von keinem Anatomen widersprochen worden. Ich will nur bemerken, das LUYS so weit geht, diese Streifen als die Fortsetzung der inneren Wurzel des Tractus olfactorius zu betrachten.

Die Behauptung von LUYS bei Seite lassend, will ich mich jetzt nur mit der Natur der beiden Streifen beschäftigen, über welche ich sogleich bemerken will, dass sie wesentlich aus grauer Substanz bestehen, zu deren Charakterisirung zahlreiche und leicht erkennbare Ganglienzellen vorhanden sind.

Die Gegenwart zweier Streifen von grauer Substanz an der Stelle, wo die sogenannten LANCISI'schen Nerven beschrieben werden, kann man constant nennen, wenigstens habe ich sie in allen Fällen (und ihrer sind nicht wenige), die ich in dieser Hinsicht untersucht habe, festgestellt. Doch muss ich sagen, dass man hinsichtlich des Grades ihrer Entwickelung und ihres Verlaufs bedeutende Unterschiede antrifft.

In Bezug auf den Entwickelungsgrad sind die Streifen bisweilen mit unbewaffnetem Auge kaum sichtbar (in der Gestalt eines dünnen Ueberzugs, welcher jedoch nach mehrtägigem Aufenthalt im Bichromat ganz deutlich wird), während sie sich andere Male als deutliche Hervorragungen darstellen, deren verticaler Durchmesser bis $^1/_2$ und 1 mm betragen kann. In diesem Falle könnte man sie auf Querschnitten des Corpus callosum fast für zwei rudimentäre Windungen halten.

Die Unterschiede im Grade der Entwickelung der grauen Längsstreifen hängen zum Theil vom Alter ab, indem ich beobachtet habe, dass sie bei Greisen gewöhnlich weniger deutlich sind, als bei jungen Leuten. Doch findet man auch bisweilen Gehirne von jungen Personen, bei denen die Streifen kaum sichtbar sind, während man sie bei manchen Greisen sehr deutlich sieht. Die Unterschiede müssen von den allgemeinen Gesetzen der Entwickelung der verschiedenen Körpertheile abhängen, indem auffaltende persönliche Abweichungen vorkommen, die ich nicht erklären kann. Ich bemerke z. B., dass ich die Streifen am deutlichsten bei einem 26-jährigen Mädchen, einem halben Kretin, ausgeprägt gesehen habe.

Abgesehen von den Fällen ungewöhnlicher Entwickelung, in denen die grauen Streifen in ihrem ganzen Verlaufe ziemlich regelmässig zu sein pflegen, bemerkt man fast beständig an ihren Unregelmässigkeiten, welche immer an ihrer vorderen Hälfte am deutlichsten sind.

Die Unregelmässigkeiten beziehen sich theils auf den Bau, theils auf den Verlauf, theils auf den Grad der Entwickelung. Die Unterschiede im Baue werde ich weiter unten erwähnen, wenn ich über den Antheil sprechen werde, den die Nervenfasern an der Bildung dieser Streifen haben. Ueber den Verlauf und den Entwickelungsgrad bemerkt man, dass sie sich bald einander bis zur Berührung nähern, fast mit einander verschmelzen, bald sich trennen und bemerkenswerthe Krümmungen zeigen. In diesem Verlaufe verdünnen sie sich bald fast bis zum Verschwinden, bald zeigen sie streckenweis eine im Verhältniss zu den hinteren Theilen ungewöhnliche Entwickelung.

An dem hinteren Theile pflegen sie sich regelmässiger zu verhalten; aber wo sich die beiden Streifen dem Splenium nähern, entfernen sie sich von einander, um sich unter dem Vorsprunge der seitlichen Windungen zu verbergen, und platten sich allmählich ab, so dass sie für das unbewaffnete Auge unsichtbar werden. Bisweilen ist das Verschwinden vollständig, bisweilen aber erkennt man bei der mikroskopischen Untersuchung auf einander folgender Verticalschnitte eine Fortsetzung, dargestellt durch eine schwache mikroskopische Decke von grauer Substanz mit wenigen darin zerstreut liegenden Zellen längs der ganzen Windung des Splenium, unter welchem sie, wie ich später sagen werde, sich von neuem üppig entwickelt.

Die Figuren 1, 2 und 3 der Tafel 28 stellen an Verticalschnitten in natürlicher Grösse die verschiedene Erscheinung der Längsstreifen dar, ungefähr in der Mitte des Corpus callosum und in der Nähe des Splenium.

Die graue Substanz ist, wie gesagt, die Gewebsart, welche in dem grössten Theile der Streifen vorwiegt; man muss jedoch hinzufügen, dass in ihnen, wie in allen Windungen, die graue Substanz mit Bündeln von Nervenfasern gemischt ist. In den Verhältnissen dieser beiden das Gewebe ausmachenden Theile finden sich zahlreiche Unterschiede und Unregelmässigkeiten. Constant ist eine schwache Schicht von Fasern, welche in Längsrichtung in der Tiefe der grauen Substanz verläuft und also zwischen dieser und den eigentlichen Querfasern des Corpus callosum liegt. Ebenfalls constant sind andere Bündel von Nervenfasern, welche sich über die tiefe Schicht erheben und sich an die innere Seite des grauen Stranges anlehnen (*a*, *a* in Fig. 4, Taf. 28). Diese Bündel, sowie die der tiefen Schicht beider Seiten, treffen in der Regel in der Mittellinie zusammen und vermischen sich mit einander.

Derjenige Theil der Nervenfasern, welcher sich nach aussen von der Stria befindet (*b*, b Fig. 4, Taf. 28) verhält sich unregelmässiger; bisweilen nämlich verläuft er in der Form eines deutlichen, mehr oder weniger gewundenen, auch makroskopisch sichtbaren Stranges, öfter aber erscheint er unter der Form einer auf der Basis des grauen Vorsprungs liegenden dünnen Schicht, welche sich mehr oder weniger wie eine Hülle über die Oberfläche jener ausdehnt. Bisweilen besteht er auch nicht als äussere Schicht, sondern als Ueberzug über die obere Fläche des grauen Stranges, und in diesem Falle erscheint der ganze graue Theil mit Nervenfasern umgeben. Eine Uebertreibung dieses Zustandes bilden andere Fälle, wo durch ein Eindringen von Nervenfasern die graue Substanz und die Nervenzellen auf ein fast unbedeutendes Minimum beschränkt sind. Die einzelnen Unterschiede entsprechen gewöhnlich einzelnen bestimmten Strecken der grauen Längsstreifen; so pflegt z. B. der Mittellinie des Corpus callosum entsprechend der graue Theil frei, also nicht mit Nervenfasern bekleidet zu sein, während sowohl nach dem Knie, als nach dem Splenium zu das Eindringen der Nervenfasern immer auffallender zu werden pflegt, so dass die graue Substanz gewissermaassen in einem Bündel solcher Elemente verborgen liegt.

Die zuletzt angegebenen Abänderungen erklären das weisse Aussehen, welches die medianen Längsstreifen bisweilen in mehr oder weniger langen Strecken ihres Verlaufs darbieten. Aber ich bestätige die Angabe, dass in den meisten Fällen die graue Substanz mit unbewaffnetem Auge auch im frischen Zustande sichtbar ist, und dass dieselbe nach mehrtägiger Eintauchung in Bichromatlösung noch viel deutlicher wird.

Die den grauen, medianen Längsstreifen des Corpus callosum angehörenden Nervenzellen zeigen an den nach den gewöhnlichen Methoden zubereiteten Präparaten kugelige, spindelförmige oder pyramidale Gestalt. Sie bestehen aus einem deutlichen, blasenartigen Kerne mit Kernkörperchen und wenig Zellensubstanz. Sie sind klein, der Breitendurchmesser beträgt 10—15 μ; über den Verlauf ihrer Fortsätze, deren sie mehrere besitzen, kann ich nichts Genaues angeben, da mir bis jetzt die Reaction nicht gelungen ist.

Was die Anordnung betrifft, so liegen die Nervenzellen bisweilen regelmässig in einer bestimmten Zone in dem tiefen Theil der Schicht, so dass ein fast ausschliesslich von ihnen gebildeter Streifen entsteht; andere Male liegen sie unregelmässig durch die ganze Schicht zerstreut.

Fig. 5 auf Taf. 28 stellt einen Verticalschnitt (bei 300-maliger Vergrösserung) durch einen dieser grauen Streifen dar (ungefähr in der Mitte des Corpus callosum) und giebt eine hinreichend genaue Vorstellung von der Menge und Vertheilung der Nervenzellen an einer der Stellen, wo der Charakter der grauen Substanz am deutlichsten hervortritt.

Ueber das Verhalten der Längsstreifen nach beiden Richtungen, nach vorn und hinten, will ich noch hinzufügen, dass man bei der mikroskopischen Untersuchung nicht immer ihre Fortsetzung (d. h. des Nervenzellen enthaltenden Theiles) längs der ganzen Windung des Splenium verfolgen kann.

Oft, auch wenn die aufeinander folgende Schnitte sorgfältig ausgeführt und sämmtlich durchsucht werden, verliert man ihre Spur. Auch in Fällen, wo die Streifen stark hervortreten, besteht ihre Fortsetzung am hinteren Ende des Corpus callosum nur noch in einer dünnen mikroskopischen Schicht. Wenn man die Schnitte weiter fortsetzt, so erscheint die graue Substanz wieder und nimmt schnell zu, um bald eine Platte von merklicher Dicke zu bilden, welche, wie wir sahen, sich unter dem Namen der Fascia dentata in die Furche des Pes Hippocampi major einfügt.

Das Wiedererscheinen des grauen Streifens an der Seite des Splenium findet nicht an einer bestimmten Stelle statt; bald treffen wir ihn auf der oberen Fläche des Splenium an, bald nur an den Seiten der unteren Fläche desselben. Ich bemerke noch, dass bei seinem Wiederauftreten der graue Streifen nicht mehr von dem Gyrus fornicatus unabhängig ist, sondern sich als eine Ausbreitung seiner Rindenschicht darstellt[1]).

Während sich der graue Streifen in die Fascia dentata fortsetzt, vermischen sich die nervösen Längsbündel der oberen Fläche des Corpus callosum, welche eben diesem Streifen entsprechen, mit der weissen Schicht der Substantia reticularis, deren Fortsetzung in den Pes Hippocampi major wir schon untersucht haben.

1) Die dünne, graue Schicht, welche unter dem Gyrus fornicatus liegt und die Fortsetzung der grauen medianen Längsstreifen des Corpus callosum bildet, entspricht offenbar der sogenannten Fasciola cinerea, welche von einigen Anatomen unter den Einzelnheiten des hinteren Endes und der oberen Fläche des Corpus callosum als eine einfache Ausbreitung der Rinde des Gyrus fornicatus beschrieben wird.

Am vorderen Theile des Corpus callosum konnte ich die grauen Streifen mit voller Deutlichkeit bis in die Gegend des Knies verfolgen. Weiterhin, gegen das Rostrum u. s. w. sind meine Resultate ungewiss; darum erlaube ich mir kein Urtheil darüber.

Diese Lücke macht es mir unmöglich, zu sagen, was die Bedeutung der fraglichen Streifen sein könne.

Wenn die Behauptungen von LUYS nicht allzu oft auf blosse Vermuthungen gegründet wären, so könnte man sich an das erinnern, was er über die Fortsetzung der innern Wurzel des Tractus olfactorius in die sogenannten Nerven von LANCISI sagt, und nun ohne weiteres die Meinung aussprechen, die Längsstreifen des Corpus callosum und die Fascia dentata, welche ihre Fortsetzung bilden, stellten centrale Ursprünge des Geruchsnerven dar.[1]) Zur Vervollständigung der Geschichte der genannten Wurzel müsste man an die Beschreibung der Nervenfasernschicht erinnern, welche die Lamina alba circumvoluta bildet, welche letztere sich bekanntlich mit der die Substantia reticularis alba bildenden Schicht vereinigt; aber es ist nur allzu klar, dass man, um über diesen Gegenstand ein etwas mehr als eine Hypothese bildendes Urtheil fällen zu können, sichere Kenntnisse über den Verlauf der Fasern des Tractus besitzen müsste.

Jedenfalls, wenn man die angeführten Thatsachen zusammenstellt, zeigt sich die Vermuthung einer Verbindung zwischen den Fasern des Tractus olfactorius und dem Pes Hippocampi major als ziemlich wahrscheinlich; wenn man aber das von mir beschriebene Verhalten der die Lamina medullaris circumvoluta bildenden Fasern bedenkt, so sollte man meinen, die genannten Fasern müssten nicht von der Fascia dentata entspringen, sondern von dem Stratum griseum circumvolutum.

Nach dem, was ich über die auffallenden individuellen Unterschiede in der Entwickelung und im Bau der Längsstreifen des Corpus callosum gesagt habe, und in Gegenwart der Thatsachen, welche zu der Annahme drängen, sie seien gewissermaassen als rudimentäre Windungen zu betrachten, könnte man vielleicht auch fragen, was von einem allgemeineren oder anthropologischen Gesichtspunkte aus ihre Bedeutung sein könne.

Einer bestimmten Antwort auf diese Frage ausweichend, beschränke ich mich für jetzt darauf, die Meinung auszusprechen, dass die fraglichen Streifen in die Kategorie derjenigen Theile des Organismus zu stellen sind, welche in einigen Thierklassen bedeutende Entwickelung zeigen, beim Menschen dagegen in rudimentärem Zustande auftreten, ja einer fortschreitenden Atrophie entgegenzugehen scheinen. Ob nun die sogenannten rudimentären Theile als Manifestationen des Atavismus zu betrachten seien, ist eine Streitfrage, für welche die grössere oder geringere Entwickelung der hier besprochenen Theile mir für jetzt geringe Bedeutung zu haben scheint. Vielleicht kann auch diese Einzelnheit grösseren Werth erhalten, wenn weitere, vollständigere Untersuchungen vorliegen werden.

Als schwachen Beitrag zu dieser kleinen Sphäre künftiger Untersuchungen scheint es mir nicht unnütz, hier auch einige von meinen Beobachtungen anzuführen, welche ich auf dem Gebiete der vergleichenden Anatomie gemacht habe.

Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich das Corpus callosum nur bei dem Affen, Pferde, Ochsen und Hunde untersucht.

Unter den Affen zeigten mir die beiden Arten, welche ich zu studiren Gelegenheit hatte (Macacus cynomolgus und Cynocephalus Babuin), in Bezug auf die Entwickelung der Längsstreifen ein vollkommen entgegengesetztes Verhalten.

Macacus cynomolgus zeigte die stärkste (relative) von mir bis jetzt beobachtete Entwickelung. In den Verticalschnitten gegen die Mitte des Corpus callosum treten die Streifen in der Gestalt breiter Vorsprünge auf (gegen 1 mm breit und 350 μ hoch), welche eine grosse Menge unregelmässig zerstreuter, ovaler, spindelförmiger und dreieckiger Nervenzellen enthalten. Diese Vorsprünge zeigen ein bemerkenswerthes, conisches Bündel von Nervenfasern, welches mit seiner Spitze in die graue Schicht bis über die Mitte ihrer Dicke ein-

1) Die Vermuthung, dass das Ammonshorn mit dem Geruchsnerven in Verbindung stehe, ist von mehreren Anatomen ausgesprochen worden, unter Anderen auch von KRAUSE, welcher jedoch ausdrücklich erklärt, diese Beziehungen seien nicht bewiesen (Allgem. Anat., 1876, S. 456). Auch MEYNERT spricht die Hypothese über die Beziehungen des N. olfactorius zum Ammonshorne aus, bezieht sich aber auf die äussere Wurzel, von der ich behaupten kann, dass ihre Fasern zu Ende gehen, ehe sie den Gyrus Hippocampi erreichen. Es ist unnöthig, HUGUENIN anzuführen, welcher auch über diesen Gegenstand nur das von MEYNERT Gesagte wiederholt.

dringt, während es sich mit seiner Basis mehr oder weniger über die Oberfläche des Vorsprunges ausbreitet und da einen Ueberzug bildet, welcher in einigen Schnitten zusammenhängend, in anderen auf einige Stellen beschränkt erscheint. Es existirt auch noch eine tiefe und eine innere Nervenfaserschicht, und ausserdem bemerkt man nach aussen von dem Vorsprunge einen anderen, kräftigen Strang von sehr feinen Markfasern. Mehr ins Einzelne gehende Beobachtungen, welche in diesem Falle, wegen der bedeutenden Entwickelung des betreffenden Theiles, vielleicht besondere Aufklärung hätten gewähren können, konnte ich nicht ausführen, weil ich nur über einen Theil des Corpus callosum verfügte.

Bei Cynocephalus Babuin erschienen die Längsstreifen, in vollem Gegensatze zu Macacus, unter dem Mikroskope kaum angedeutet; sie bestanden nur aus einem tiefen, feinen Streifen mit wenigen Nervenzellen und einer oberflächlichen Schicht von Nervenfasern.

Ich schliesse diese Notiz, indem ich bloss bemerke, dass bei Pferden und Ochsen die grauen Streifen stark hervortreten und in Verticalschnitten den Anblick zweier ziemlich deutlichen Windungen darbieten. Bei dem Hunde dagegen werden die fraglichen Theile durch zwei kleine, unter dem Gyrus fornicatus verborgene Erhöhungen dargestellt, von welchen sie fast als Ausflüsse erscheinen, obgleich sie immer durch eine Furche und durch Blutgefässe getrennt sind, welche in die Furche eintreten.

Aus kürzlich angestellten bibliographischen Nachforschungen habe ich ersehen, dass die hier beschriebenen anatomischen Einzelnheiten zum Theil schon von Valentin angegeben worden sind; ich führe seine Beobachtung vollständig an, indem ich darauf aufmerksam mache, dass die Anatomen bis jetzt nicht darauf geachtet haben:

»Das Corpus callosum besteht fast ganz aus Marksubstanz, so erscheint es dem blossen Auge, und auch unter dem Mikroskop behält es im Ganzen dieses Aussehen. Bisweilen zeigt seine Oberfläche von Stelle zu Stelle zwischen der Rhaphe und den Ligamenta longitudinalia lateralia (Ligamentum tectum) eine graue Bekleidung, die graue Hülle des Corpus callosum (Indusium griseum corporis callosi), welche hie und da zu einer dünnen Schicht wird, und worin das Mikroskop helle Nervenkörperchen entdeckt. Dieser Ueberzug ist bedeutender in der Nähe des Gyrus fornicatus, dringt aber nicht in die Dicke des Organs ein.« In einer Anmerkung fügt Valentin hinzu: »Ich kann nicht sagen, dass diese Bildung immer vorhanden ist, denn in zwei Gehirnen habe ich sie auch mit dem Mikroskop nicht gefunden, aber ich behaupte, dass sie bisweilen existirt. Das Gehirn, an welchem ich sie am besten gesehen habe, hatte einer Frau angehört; die Entwickelung der Hemisphären, die Menge und die mangelnde Symmetrie der Windungen bewiesen, dass das Seelenorgan gut entwickelt war. Bei dem Pferde ist dieser graue Ueberzug noch reichlicher und erstreckt sich bis an die Ligamenta longit. mediana. Bei dem Menschen scheint, auch wenn diese Bildung möglichst wenig entwickelt ist, immer eine wenig hellgraue Substanz in der Nähe des Ligamentum copertum vorhanden zu sein« [1]).

7) Ursprung des Tractus olfactorius und Bau der Lobi olfactorii.

Obgleich ich die Untersuchungen, welche ich in diesem Capitel beschreiben werde, von dem vergleichenden Gesichtspunkte aus an verschiedenen Arten von Säugethieren angestellt habe (wobei ich aber immer das Hauptziel verfolgte, unsere Kenntnisse über den feineren Bau des menschlichen Gehirns zu vertiefen), so ist es doch nicht meine Absicht, mich bei den Verschiedenheiten aufzuhalten, welche ich in Bezug auf den Grad der Entwickelung, über die Anordnung und über die Beziehungen an den verschiedenen Gehirnen, welche Gegenstand meiner Studien waren, gemacht habe. Hiermit habe ich mich schon in einer früheren Arbeit ein wenig zu beschäftigen gehabt und werde darauf in einer anderen Reihe eingehender Untersuchungen zurückkommen müssen.

Bei der gegenwärtigen Studie haben besonders einige beschränktere Probleme mein Interesse in Anspruch genommen, deren Wichtigkeit vom physiologischen Gesichtspunkte aus mir nicht geringer scheint, als die Schwierigkeit ihrer Lösung.

1) G. Valentin, Nervenlehre, 1840, S. 244.

Diese Untersuchungen schienen mir um so interessanter, da sie eine Provinz des Centralnervensystems betreffen, welche zu den wenigen gehört, über deren physiologische Aufgabe (Geruchswahrnehmung) wohl allgemeine Uebereinstimmung besteht, und es schien mir, dass die Kenntniss der genauen Besonderheiten des Baues dieser Organe weiteren Schlüssen über identische Einzelnheiten zur Grundlage dienen könnte, welche sich in anderen Provinzen nachweisen liessen, deren physiologische Bedeutung noch unbekannt ist.

Die dunklen Punkte, auf welche ich meine Aufmerksamkeit gerichtet habe, sind die folgenden:

1) Ob die den Tractus bildenden Nervenfasern aus den Ganglienzellen der Schicht von grauer Substanz entspringen, welcher der Tractus aufliegt, und wenn diese Verbindung vorhanden ist, wie sie stattfindet.

2) Ob in Beziehung auf die specifische Sinnesfunction die die angenommenen Geruchscentra bevölkernden Zellen auch im morphologischen Sinne etwas Charakteristisches haben, so dass man den Schluss ziehen könnte, auch in den Nervencentren sei die Specificität der Function an eine besondere histo-morphologische Bildung gebunden.

3) Ob die die Lobi olfactorii bildenden Elemente ausser mit den Fasern des Tractus auch mit Theilen Beziehungen haben, welche anderen Provinzen des Centralnervensystems angehören.

Es ist unnöthig zu sagen, dass wir bei der Bemühung, diese Probleme zu lösen, ein Gebiet betraten, welches man ganz neu nennen kann, denn die vielen Beobachter, welche von dem centralen Ursprunge des Geruchsnerven gesprochen haben, beschränken sich darauf, zu bemerken, dass die Wurzeln dieses Nerven (die classischen, sogenannten drei Wurzeln, die äusseren, mittleren und inneren) sich in der grauen Substanz dieser oder jener Hirnprovinz verlieren, aber keiner hat versucht, festzustellen, ob und auf welche Weise die Nervenfasern dieser Wurzeln wirklich von Ganglienzellen jener grauen Schichten herkommen. Höchstens könnte man auf diese Theile die bekannte Darstellung von GERLACH beziehen, welche ich hier nochmals als einfache reine Hypothese bezeichnen muss, welche der Wahrheit nicht entspricht.

In der histologischen Literatur finden wir also nichts, was zur Klärung dieser Aufgabe beitragen könnte. Auch kann man sich nicht darüber wundern, denn die Beobachtungsmittel, welche bisher von den Histologen zur Untersuchung des Centralnervensystems gebraucht wurden, sind weit davon entfernt, dem Zwecke zu entsprechen. Dagegen verdanke ich die von mir gewonnenen Resultate der Anwendung der zarten Schwarzfärbungsmethoden, von denen ich schon mehrmals gesprochen habe, die ich aber für diesen besonderen Fall passend habe abändern müssen. Diese Resultate erlauben die Aufstellung einiger Folgerungen, welche, wie man sehen wird, die Bestätigung einiger in den vorhergehenden Capiteln gemachten Schlüsse enthalten.

In der Anordnung und den Beziehungen der verschiedenen Theile, welche die Lobi olfactorii bilden, herrscht völlige Uebereinstimmung bei den verschiedenen Säugethieren, mit Einschluss des Menschen, obgleich bei diesem dem Anscheine nach der Unterschied im Vergleich mit den meisten anderen Säugethieren sehr gross ist. Alles beschränkt sich auf den verschiedenen Entwickelungsgrad der einzelnen Theile und auf einige andere unwichtige Abweichungen.

Es ist also zweckmässig, als Grundlage zum Studium und als Typus für die Beschreibung der Verhältnisse des Tractus und des Baues der Riechlappen das Gehirn eines Thieres zu benutzen, bei welchem die fraglichen Theile mässig entwickelt sind, zum Beispiel das Gehirn der Katze und das des Kaninchens. Junge Subjecte, im Alter von zwei Wochen bis zu ein bis zwei Monaten, sind bei weitem den Erwachsenen vorzuziehen. Uebrigens ist es fast durchaus nothwendig, sich für die feinsten Untersuchungen der Thiergehirne zu bedienen, weil der Erfolg der Reaction zum grossen Theile von der vollkommenen Frische der zu untersuchenden Stücke abhängt.

Wenn wir nun bei mässiger Vergrösserung eine Reihe vollständiger, auf einander folgender Verticalschnitte durch den Stirnlappen untersuchen, so stellen sich uns folgende constituirende Theile dar, welches auch der Punkt und die Richtung des Schnittes sein möge, von oben nach unten, oder von unten nach oben (wenn sich das Gehirn in normaler Lage befindet):

1) Eine oberflächliche Schicht von weisser Substanz, deren Dicke von vorn nach hinten gegen den Gyrus Hippocampi allmählich abnimmt. (Verticalschnitt des Tractus olfactorius.)

2) Eine Schicht grauer Substanz von bedeutender Dicke und reich an Ganglienzellen, welche vorwiegend in den tiefen Theilen dieser Schicht vertheilt sind.

3) Ueber der vorhergehenden Schicht und ohne deutliche Grenze gegen dieselbe liegt eine andere Schicht, vorwiegend aus Bündeln von Nervenfasern verschiedener Herkunft bestehend, welche sich ausbreiten und in der grauen Schicht verlieren.

Dies sind die Schichten, welche wir als die Bestandtheile der sog. Riechlappen betrachten können. Da nun vom histologischen Gesichtspunkte der Angelpunkt der Probleme, welche zu lösen ich mir vorgenommen habe, sich darauf beschränkt, zu erforschen, ob die der grauen Schicht angehörenden Ganglienzellen wirklich die Ursprungsorgane der beiden genannten Arten von Nervenfasern darstellen (die des Tractus und die der tiefen Bündel), so schien es mir, dass ich vor allem die morphologischen Eigenschaften, die Anordnung, die Art der Verzweigung der Fortsätze und die Beziehungen der Ganglienelemente zu einander studiren müsse.

Wie ich schon bemerkt habe, liegen die Zellen der grauen Schicht der Lobi olfactorii überwiegend in ihrem tiefsten (oberen) Theile und sind hier mit einer gewissen Regelmässigkeit in mehrere Reihen angeordnet. Ihre Formen sind sehr verschiedenartig, einige sind pyramidal, andere spindelförmig, kugelig oder ganz unregelmässig. Die pyramidalen und spindelförmigen wiegen vor, und während erstere gegen die Mitte der grauen Schicht am zahlreichsten sind, so erscheinen die zweiten vorzugsweise in den tieferen Zonen, d. h. da, wo in dem Gewebe die parallel verlaufenden Nervenfaserbündel in Menge vorhanden sind.

Was die Grösse der Nervenzellen betrifft, so finden sich in der grauen Schicht der Lobi olfactorii die beiden Extreme, Typen, welche zu den kleinsten im Centralnervensysteme vorkommenden, und solche, die zu den grössten gehören, die sog. Riesenzellen nicht ausgenommen, welche man für die psychomotorischen Functionen für charakteristisch erklärt hat. Wenn wir von der Grösse der Nervenzellen sprechen, so beziehen wir uns natürlich auf den dicksten Theil derselben, also auf den Zellkörper allein; ja man kann eigentlich nur von dem Querdurchmesser sprechen, denn über den Längsdurchmesser liesse sich kaum etwas Genaues angeben, weil in dieser Richtung der Zellkörper in den meisten Fällen ganz allmählich in die Fortsätze übergeht. Wenn man auch die Fortsätze mit einrechnete, müsste man sagen, der grösste Theil der Zellen nehme die ganze Dicke der grauen Schicht ein und erstrecke sich von ihrer tiefen bis zu ihrer peripherischen Grenze.

Die Zahl der Fortsätze, mit denen diese Zellen versehen sind, ist sehr bedeutend, aber so gross sie auch sein möge, man unterscheidet darunter immer einen, welcher die Eigenschaften des nervösen Fortsatzes aufweist, während die anderen sich als sog. Protoplasmafortsätze darstellen. Diese letzteren wenden sich zum grössten Theile nach der Peripherie und zeigen bei ihrer Ankunft noch eine bedeutende Stärke, obgleich sie zahlreiche, dichotomische Theilungen erfahren haben; zum Theil verlaufen sie auch nach den tiefen und seitlichen Theilen. Die letzten Verzweigungen dieser Art von Fortsätzen endigen an den zahlreichen, strahligen Bindegewebszellen der Oberflächen oder der tiefen Schichten, je nach ihrer Richtung.

Der einzige nervöse Fortsatz entspringt bei der grossen Mehrzahl der Zellen aus der nach den tiefen Schichten gewendeten Seite des Zellkörpers, aber dies ist keine beständige Regel. Bei einer grossen Anzahl von Zellen entspringt er von der Seite (besonders bei spindelförmigen), bei anderen selbst von der Richtung nach der Oberfläche.

Bei der weiteren Verfolgung dieser Untersuchungen wendete sich meine Aufmerksamkeit sehr bald dem weiteren Verhalten des nervösen Fortsatzes zu.

Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich in Uebereinstimmung mit dem von mir in anderen Provinzen des Centralnervensystems Beobachteten (darunter auch in der Rinde der Windungen) bestätigen können, dass hinsichtlich des Verhaltens des nervösen Fortsatzes auch in der grauen Schicht der Riechlappen (welche Schicht nichts anderes ist, als die Rinde einer Windung mit einigen Abänderungen) zwei Typen von Ganglienzellen vorhanden sind, nämlich:

1) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz bald in sehr dünne Fasern zerfällt und seine Individualität verliert, um einen Theil eines feinen, complicirten Geflechtes (oder eines unregelmässigen Netzes) auszumachen, welches in der ganzen Ausdehnung der grauen Schicht vorhanden ist.

2) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz, obgleich er eine gewisse Zahl von sehr feinen Fasern abgiebt (welche, sich ihrerseits weiter theilend, an der Bildung des genannten Netzes Theil nehmen), doch seine eigene Individualität bewahrt und sich mit den in die graue Schicht eintretenden nervösen Faserbündeln ver-

bindet In der Mitte dieser Bündel nimmt der fragliche Faden natürlich die Bedeutung einer individuellen Nervenfaser an.

Es ist zu bemerken, dass die Zellen des ersten Typus vorwiegend in den oberflächlichen Theilen (näher am Tractus) der grauen Schicht, die des zweiten aber mehr nach oben angetroffen worden, nach den Faserbündeln zu, welche aus den tiefen Theilen des Gehirnes kommen.

Nachdem ich die hier mitgetheilten Resultate erhalten hatte, gelang es mir leicht, eine befriedigende Erklärung für andere Befunde zu finden, deren Bedeutung ich anfangs nicht hatte verstehen können.

An den nach meiner Methode behandelten Verticalschnitten durch den Lobus olfactorius hatte ich oft beobachtet, dass die Fasern des Tractus längs dessen ganzem Verlauf von ihrer Längsrichtung von vorn nach hinten abwichen, um schief in die darüber liegende graue Schicht einzudringen, wo sie in eine grosse Menge feiner Fasern zerfielen, welche, auf die für die Primitiv-Nervenfasern der Centralorgane charakteristische Weise sich weiter fein vertheilend, in ziemlich weit von einander entfernte Zonen eindrangen, so dass diese Fasern im Ganzen ein complicirtes Geflecht bildeten.

Wenn man diesen Befund mit den vorhin beschriebenen in Verbindung bringt, so begreift man leicht, dass die Fasern des Tractus, bündelweis oder einzeln in die graue Substanz der Riechlappen eintretend und sich fein zertheilend, daselbst mit dem diffusen Netze zusammenfliessen, an dessen Bildung gleichermaassen die nervösen Fortsätze der Zellen des ersten Typus und die aus dem nervösen Fortsatze der Zellen des zweiten Typus herkommenden Fasern Theil nehmen.

Nun bliebe noch etwas über die Herkunft und das Verhalten der Bündel von Nervenfasern zu sagen, welche aus den tiefen Theilen des Gehirnes auftauchen und sich in der grauen Schicht der Lobi olfactorii verlieren.

Was ihre Herkunft betrifft, so habe ich feststellen können, dass sie nicht alle der Corona radiata angehören, wie man nach einigen Anzeichen glauben könnte, sondern dass ein Theil von ihnen aus der sog. Commissura anterior herkommt und sich mit diesem Theile des Gehirnes verbindet. Das Gehirn des Kaninchens, wo die Commissur in Gestalt eines deutlichen, rundlichen, kleinen Stranges auftritt, bietet die beste Gelegenheit dar, um diese Besonderheit festzustellen, denn hier kann man ziemlich leicht wahrnehmen, dass die Bündel dieses kleinen Stranges bei ihrer Ausbreitung zum Theil nach der Rinde des Frontallappens gehen, zum kleineren Theil in den Frontallappen eintreten und sich hier auf eine Weise verhalten, die ich später beschreiben werde.

Das Verhalten der beiden hier genannten Arten von Fasern scheint gründlich verschieden, d. h. es scheint, dass die einen (die Fasern der Corona radiata) in directer Verbindung mit Nervenzellen stehen vermittelst nervöser Fortsätze, welche ihre Individualtät behaupten (directer Uebergang des Axencylinders in den nervösen Fortsatz der Zellen des ersten Typus), die anderen dagegen (die Fasern der vorderen Commissur) mit den Nervenzellen auf indirecte Weise verbunden sind, also durch Dazwischenkunft des beschriebenen diffusen Netzes. Hier ist übrigens zu bemerken, dass man sowohl für die Fasern der Corona radiata, als für die der Commissur die Möglichkeit nicht ganz ausschliessen kann, dass beide Arten der Verbindung mit Ganglienzellen vorkämen, aber gewiss ist das angegebene Verhalten vorwiegend. Ebenso glaube ich auch nicht ausschliessen zu können, dass neben den für die Corona radiata und die Commissur bestimmten Bündeln, auch andere existiren, welche eine andere Bestimmung haben.

Man kann also in Bezug auf das verschiedene Verhalten der Nervenfasern, welche in die graue Schicht des tiefen Theiles eindringen, diese in zwei Arten eintheilen, welche mit den beiden, von uns angenommenen Typen von Ganglienzellen genau übereinstimmen:

1) Nervenfasern, welche nach ihrem Eintritt in die graue Schicht sich daselbst auf äusserst complicirte Weise zertheilen, ihre Individualität ganz verlieren und in toto in das oben erwähnte, diffuse Netz übergehen. Diese Art von Fasern würde nur auf indirecte Weise mit Ganglienzellen in Verbindung treten.

2) Nervenfasern, welche zwar bei ihrem Eintritte in die graue Schicht einige Fäden abgeben (welche ein ähnliches Schicksal haben, wie die der Fasern der ersten Art), aber die Charaktere deutlicher, individueller Fäden bewahren, von denen jeder in den nervösen Fortsatz einer Zelle des entsprechenden, zweiten Typus übergeht. Es ist unnöthig, zu sagen, dass diese Fäden in der grauen Substanz zu gleicher Zeit die Be-

deutung nervöser Fortsätze von Ganglienzellen des zweiten Typus und von Axencylindern von Nervenzellen haben.

Wenn ich jetzt die Thatsachen zusammenfasse, welche den Gegenstand dieser Auseinandersetzung gebildet haben, so glaube ich behaupten zu können:

1) dass die Fasern des Tractus olfactorius aus dem complicirten nervösen Geflechte oder Netze entspringen, welches die ganze Ausdehnung der grauen Substanz der Riechlappen einnimmt. Folglich haben diese Fasern nur indirecte Beziehungen zu den Nervenzellen eben dieser grauen Substanz.

2) dass an der Bildung des mehrfach erwähnten diffusen Netzes Theil nehmen:

a) die Fasern des Tractus, welche in dasselbe Netz eintreten, indem sie in Fasern von äusserster Feinheit zerfallen,

b) die Ganglienzellen des ersten Typus, deren nervöser Fortsatz sich ebenfalls in feinste Fäserchen theilt, um gleicherweise in toto in das Netz einzutreten,

c) die Ganglienzellen des zweiten Typus mit den von ihren nervösen Fortsätzen ausgehenden Fasern, welche sich auf analoge Weise verhalten, wie die Fasern des Tractus etc., während der Hauptfaden, oder der eigentliche sogen. nervöse Fortsatz seine Individualität behält und eine eigene Nervenfaser bildet, welche sich mit den Bündeln den Corona radiata vereinigt.

d) In toto die Axencylinder der Nervenfasern, welche ein vollkommenes Gegenstück zu dem nervösen Fortsatze der Zellen, welche wir zu dem ersten Typus gerechnet haben, bilden und sich in feinste Fasern auflösen, welche sämmtlich in das Netz übergehen. (So verhalten sich wahrscheinlich in der Mehrzahl die aus der vorderen Commissur herkommenden Fasern.)

e) Die von denjenigen Nervenfasern kommenden Fäden, welche ihre Individualität bewahren und sich in directe Verbindung mit den nervösen Fortsätzen der Ganglienzellen des zweiten Typus setzen.

Einige der in dieser Arbeit dargestellten Einzelnheiten scheinen mir besonderer Aufmerksamkeit werth zu sein und können als Grundlage einiger Folgerungen von allgemeinem Interesse dienen.

Wenn man die Zellen der ersten Kategorie bei Seite lässt, für welche eine directe, individuelle Verbindung mit einer einzelnen Nervenfaser ausgeschlossen ist, weil, wie wir gesehen haben, die Vereinigung zwischen diesen beiden Arten von Elementen durch das Dazwischentreten eines Netzes stattfindet, so ist es klar, dass auch für die Zellen der zweiten Kategorie zwischen zwei bestimmten Individualitäten der beiden Arten von Zellenelementen, Zelle und Faser, eine isolirte Verbindung nicht besteht, obgleich die Verbindung jedenfalls direct ist. Offenbar muss durch die von dem Faden ausgehenden Fibrillen, welcher in der grauen Substanz zugleich nervöser Fortsatz und Axencylinder ist, eine anatomische und functionelle Verbindung zwischen den zelligen Elementen ausgedehnter Zonen der grauen Substanz zu Stande kommen. Der Weg, auf welchem diese Verbindung bewirkt wird, wäre das auf die oben beschriebene Weise gebildete Netz.

Vom physiologischen Gesichtspunkte aus ist die Thatsache bemerkenswerth, dass die Nervenfaser in den meisten Fällen sich nicht in isolirter, individueller Verbindung mit einer entsprechenden Ganglienzelle befindet, sondern mit ausgedehnten Gruppen von Zellen. Doch findet auch das Gegentheil statt, dass nämlich jede Ganglienzelle der Centra mit mehreren Nervenfasern von verschiedener Bestimmung und wahrscheinlich verschiedener Function in Verbindung stehen kann.

Diese Thatsache verdient genauer dargestellt zu werden. Nach allem, worauf ich schon aufmerksam gemacht habe, stehen hier die einzelnen Ganglienzellen wenigstens mit drei Arten von Nervenfasern in Verbindung, welche in Verlauf und Bestimmung ganz verschieden sind. So steht z. B. eine Zelle des ersten Typus mittelst ihres nervösen Fortsatzes in Zusammenhang: 1) mit den Nervenfasern des Tractus, 2) mit Fasern der vorderen Commissur, 3) mit Fasern der Corona radiata. Die Verbindung ist nach dem oben Gesagten in allen Fällen indirect. So steht auch jede Zelle des zweiten Typus mit denselben drei verschiedenen Faserarten in Verbindung, aber mit dem Unterschiede, dass der Zusammenhang mit den Fasern der Corona radiata direct ist, dagegen mit denen des Tractus, und wahrscheinlich auch mit denen der Commissur indirect.

Was endlich die Riechlappen und vielleicht den grössten Theil der Nervencentra betrifft, so kann man durchaus nicht die beschriebenen individuellen, isolirten Verbindungen zwischen Nervenzellen und -fasern fest-

stellen, bemerkt vielmehr ein deutliches Bestreben, eine möglichst grosse Complication der Beziehungen zwischen diesen und jenen hervorzubringen. Dieses Gesetz besteht nicht nur für einzelne Elemente und Gruppen von Elementen, sondern auch in Beziehung auf ganze Provinzen.

VIII.

Das interstitielle Gewebe der nervösen Centralorgane. (Neuroglia.)

Wenn wir das Parenchym der nervösen Centralorgane mikroskopisch untersuchen, bemerken wir, dass zwischen den Nervenfasern der weissen Substanz und noch viel mehr zwischen den Ganglienzellen der grauen eine weitere Substanz liegt, welche alle Zwischenräume ausfüllt und je nach den Regionen der Organe in verschiedener Menge auftritt.

Diese interstitielle Substanz, welche bei den gewöhnlichen Untersuchungsmethoden homogen oder feinkörnig erscheint, wird gewöhnlich mit dem Namen Neuroglia oder Glia bezeichnet, und dieser Name sollte nach VIRCHOW, der ihn zuerst eingeführt hat, andeuten, diese Zwischensubstanz bilde eine Art von Kitt oder Cement für die Nervenelemente (Cementum nervosum).

Solange es sich nun darum handelt, diese weitere Art von Gewebe in dem Centralnervensysteme einfach zuzugeben, sind die Anatomen wohl vollkommen einig. Wenn wir aber der Sache näher treten und fragen, welches der Bau dieser Zwischensubstanz der Nervenelemente sei, ob sie überall dieselben Eigenschaften besitzt oder ob in dieser Beziehung in den verschiedenen Theilen (besonders zwischen weisser und grauer Substanz) Verschiedenheiten vorkommen, welches die morphologischen und chemischen Eigenschaften dieser Substanz seien, dann finden wir uns vor einer Anzahl von Problemen, über welche die Histologen noch nicht einig sind.

Da die Vorstellung, welche sich die Histologen über die Zwischensubstanz der nervösen Centralorgane gebildet haben, zu allen Zeiten nicht nur auf die Ideen über einige physiologische Processe des Nervengewebes, sondern auch auf die Lehre über gewisse pathologische Vorgänge Einfluss geübt hat; da andererseits die von der Mehrheit als bewiesen angenommenen Thatsachen noch von Vielen bestritten werden, so scheint er mir fast nothwendig, der histologischen Beschreibung der sog. Neuroglia eine kurze historische Darstellung der hauptsächlichsten Ansichten vorauszuschicken, welche sich auf diesem Gebiete das Feld streitig gemacht haben.

Abgesehen von den alten Arbeiten von KEUFFEL und ARNOLD (von denen die erste im Jahre 1811, die zweite im Jahre 1838 erschien), welche, obgleich mit sehr groben Hülfsmitteln ausgeführt, doch im Rückenmarke das Vorhandensein eines Stützstromas erkennen liessen, welches von den wesentlich nervösen Theilen verschieden war und als in der weissen Substanz ein kanalartiges Gewebe (aus sogen. Neurilemmkanälchen bestehend, zum Zusammenhalten der flüssigen Marksubstanz bestimmt), in der grauen ein netzförmiges Stroma bildend beschrieben wurde. Diese Arbeiten wurden von den Anatomen lange Zeit hindurch fast gar nicht beachtet, und kann man sagen, dass erst von VIRCHOW an das Vorhandensein eines diffusen Bindegewebsstromas in allen Theilen des Centralnervensystems die allgemeine Aufmerksamkeit der Histologen auf sich zog und zur Grundlage von Anwendungen auf Physiologie und Pathologie werden konnte.

Die ersten von VIRCHOW über diesen Gegenstand bekannt gemachten Beobachtuugen gehen bis zum Jahre 1846 zurück [1]). Uebrigens beschäftigte er sich bei dieser Gelegenheit nur mit den Wänden der Ventrikel. Von den Anatomen wurde damals allgemein angenommen, in den Hirnventrikeln finde sich keine specielle Membran, sondern nur eine Auskleidung mit Epithel, in unmittelbarer Berührung mit den horizontal gelagerten Nervenfasern. Da aber die Pathologen beobachtet hatten, dass in den Wänden der Ventrikel ähnliche entzündliche Erscheinungen auftraten, wie in serösen Häuten, so waren sie geneigt, anzunehmen, die Ventrikel seien mit einer besonderen Haut ausgekleidet. VIRCHOW bewies, dass nicht eine von dem

1) Zeitschr. für Psychiatrie, 1846, S. 242.

Nervengewebe verschiedene Haut existire, sondern unter dem Epithel eine Schicht von reinem Bindegewebe liege, welches, in die Tiefe dringend, allmählich in das nervöse Gewebe übergehe.

Einige Jahre später äusserte derselbe Beobachter mit Entschiedenheit die Meinung [1]), in den Centralorganen des Nervensystems sei eine Grundsubstanz von Bindegewebsnatur verbreitet und umgebe alle nervösen Elemente und verbinde sie mit einander, und da diese Substanz nach VIRCHOW von allen anderen Arten von Bindegewebe abweichende Eigenschaften besitzt, so wollte er sie durch einen besonderen Namen unterscheiden und Nervencement oder Neuroglia nennen [2]). Diese erscheint nach seiner Beschreibung als eine weiche, amorphe oder feinkörnige Substanz, worin in ziemlich bedeutender Menge zellige Elemente von rundlicher oder linsenförmiger Gestalt zerstreut liegen, von weicher, zerbrechlicher Beschaffenheit und feinkörnigem Inhalt. Das Knorpelgewebe und noch mehr das schleimige Gewebe des Glaskörpers junger Personen biete ein ziemlich genaues Bild des Baues der Neuroglia.

Wenn die Veröffentlichungen VIRCHOW's im Stande waren, die Aufmerksamkeit der Anatomen, Physiologen und Pathologen auf das behauptete Vorkommen einer Bindesubstanz in den Nervencentren zu lenken, so war doch ihr Einfluss nicht gross genug, vielleicht weil sie sich mehr auf theoretische Annahmen, als auf Beobachtung zu stützen schienen, um der von ihm vorgetragenen Ansicht allgemeine Zustimmung zu verschaffen. Im Gegentheil, es erhob sich gegen dieselbe ein starker Widerspruch von Seiten nicht weniger Anatomen und Physiologen, darunter auch solcher von Bedeutung. HENLE behauptete sogleich entschieden gegen VIRCHOW: 1) die feinkörnige Substanz des Grosshirns sei ganz nervöser Natur, 2) diese Substanz entspreche chemisch und histologisch dem Inhalte der Ganglienzellen und bilde eine Art Matrix zur Bildung derselben. Hinter HENLE stand nicht wenige Jahre lang eine Schaar anderer Beobachter und fuhr fort, die Ansichten VIRCHOW's zu bekämpfen.

Abgesehen von STEPHANY, UFFELMANN, STILLING, MAUTHNER u. A., welche sich auf die eine oder andere Weise mit HENLE verbanden, um die ganze interstitielle Substanz der Nervencentra für nervös zu erklären, finden wir WAGNER (Göttinger Nachrichten, Nr. 3), welcher das feinkörnige Gewebe der grauen Substanz für eine Ausbreitung rein nervöser Substanz erklärte, welche als zusammenfliessende Gangliensubstanz zu betrachten sei, und der er den Namen »centrale Deckplatte« beilegte; wir finden JACOBOWITSCH, welcher behauptete, weder im Gehirn, noch im Rückenmarke fänden sich Bindegewebszellen.

Uebrigens finden wir der Schaar von Beobachtern gegenüber, welche die Existenz eines Bindegewebsstromas in den nervösen Centralorganen leugneten, eine andere, nicht weniger zahlreiche, mit deren Hülfe VIRCHOW's Ansicht, wenn auch mit verschiedenen Abänderungen, unter die Lehrsätze der Histologie aufgenommen werden konnte. Unter diesen ist, wegen der entscheidenden Wichtigkeit seiner Arbeiten und deren seiner Schüler (obgleich sie sich direct nur auf das Rückenmark bezogen) in erster Linie BIDDER zu nennen, welcher vor allem die Septa, die er als Verlängerung der Pia mater betrachtete, von der wirklichen, zwischen den Nervenfasern und Zellen liegenden echten Bindegewebssubstanz unterscheiden wollte, welche letztere er als mit besonderen Eigenschaften versehen betrachtete. Nach seiner Beschreibung soll dieses Stützgewebe in der grauen Substanz zum Theil in amorpher, homogener oder hyaliner Gestalt, zum Theil in der Form von nach verschiedenen Richtungen laufenden Fasern oder Faserbündeln auftreten, mit einigen rundlichen, der Fortsätze entbehrenden, oder sternförmigen, mit zwei oder mehr Fortsätzen versehenen Zellenelementen; in der weissen Substanz dagegen soll es die Zwischenräume zwischen den Nervenfasern ausfüllen und, da es hier ebenfalls amorph sei, eine zusammenhängende Masse bilden, welche, einem Schwamme ähnlich, zahlreiche Hohlräume darbiete, welche nach verschiedenen Richtungen liefen und bestimmt seien, die Nervenfasern aufzunehmen.

Nach BIDDER könnten wir eine lange Reihe von Beobachtern nennen, welche in ihren über den feineren Bau der nervösen Centralorgane gelieferten Arbeiten der Ansicht VIRCHOW's beitraten; aber eine solche Uebersicht würde zu lang und zugleich überflüssig sein. Denn bis zu DEITERS, über dessen Untersuchungen ich weiterhin sprechen werde, wurde von diesen Beobachtern keine neue Thatsache aufgefunden, welche einen Fortschritt in den histologischen Ansichten über diesen Gegenstand hervorgebracht hätte. Es handelte sich höchstens um Bestätigungen.

1) Archiv für path. Anatomie und Physiol., 1853, Bd. 6, S. 136.
2) Gesammelte Abhandlungen, Frankfurt 1856.

Aber ich will kurz andere Meinungen erwähnen, welche zu Tage traten und parallel mit denen über das Vorkommen der Bindegewebssubstanz in den Nervencentren umstritten wurden, nämlich die über die morphologische Constitution eben dieser Substanz. Dies scheint mir um so interessanter, da die Entdeckung neuer wichtiger Thatsachen, welche in der neueren Periode der Histologie von diesem Gesichtspunkte aus gemacht wurde, gewissermaassen eine Folge der zur Lösung der morphologischen Fragen angestellten Untersuchungen war, so wie auch durch diese neuen Studien die genauen Mittel gewonnen wurden, welche wir jetzt besitzen, um mit Sicherheit die beiden Arten von zelligen Elementen, die Bindegewebs- und die Nervenzellen, welche beide an der Bildung des Parenchyms der nervösen Centralorgane Theil nehmen, von einander zu unterscheiden.

Mit dieser Discussion sind die Namen von M. SCHULTZE und KÖLLIKER eng verbunden, denn ihre Ansichten über den morphologischen Bau der interstitiellen Substanz der Nervencentren wurden von den allermeisten Histologen angenommen und sind noch für Viele gültig.

Vor SCHULTZE wurde die interstitielle Substanz des Gehirns, mochte man sie für bindegewebig oder für nervös erklären, allgemein als amorph oder feinkörnig beschrieben, ja selbst die, welche sie für Bindegewebe hielten, schrieben ihr Eigenschaften zu, welche von denen aller anderen Arten dieses Gewebes abwichen, daher der von VIRCHOW eingeführte Name Neuroglia. Nach SCHULTZE dagegen würde die behauptete Verschiedenheit zwischen dem Bindegewebe des Centralnervensystems und dem der anderen Körpertheile grösstentheils verschwinden. Die ganze feinkörnig aussehende und von ihm für Bindegewebe gehaltene Schicht erscheine nur als solche bei schwacher Vergrösserung; bei 600 bis 800-maliger Vergrösserung entdecke man ein Fasernetz, welches sich von dem Reticulum der Glandulae conglobatae nur durch seine viel grössere Feinheit unterscheide.

Die Meinungen SCHULTZE's wurden zuerst von STEPHANY, HENLE, UFFELMANN bekämpft, aber bald von KÖLLIKER nachdrücklich vertheidigt, welcher ebenfalls behauptete, die Grundsubstanz des centralen Nervensystems bestehe aus einem Netz (aus »einfacher Bindegewebssubstanz«), welches nur bei den stärksten Vergrösserungen sichtbar werde und bei den beiden Arten der Nervensubstanz, der weissen und grauen, ein etwas verschiedenes Aussehen habe. In der ersteren sei das Netz deutlich genug, die Grösse seiner Maschen entspreche der Dicke der Nervenfasern; in der zweiten, und besonders an der Oberfläche des Gehirns sei das Netz so fein, dass, um es zu erkennen, die günstigsten Umstände und die stärksten Vergrösserungen nöthig seien. Die nervösen Elemente lägen zwischen den Maschen dieses schwammigen, feinen, unregelmässigen Gewebes.

Die Darstellung KÖLLIKERS wurde, trotz den Studien einer anderen Schaar von Forschern (FROMMANN, HESLING, GERLACH, STIEDA, MEYNERT, ARNDT etc.), welche sie in einigen Punkten abzuändern suchten, so zu sagen der Text der Beschreibungen, welche die Histologen im letzten Decennium von der Neuroglia lieferten. Zum Beweis dient die Thatsache, dass die Zeichnungen, in welchen dieses Gewebe noch jetzt dargestellt wird, in der Regel einfache Wiederholungen der Abbildungen von KÖLLIKER sind. Auch durch die wichtigen Untersuchungen von DEITERS erfuhren diese Ansichten keine Aenderung. Diese übten zwar einigen Einfluss auf die Wiederanregung neuer Studien und Fragen über die nervösen Elemente, wurden aber eine Reihe von Jahren hindurch ganz vergessen, soweit sie das Dasein, die Verbreitung und morphologische Constitution des Bindegewebsstromas betrafen. Und doch eröffnen die Arbeiten von DEITERS auch von diesem Gesichtspunkte aus eine neue Phase in den histologischen Kenntnissen.

DEITERS kommt das Verdienst zu, zuerst Zellenformen beschrieben und gezeichnet zu haben, welche, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben, als charakteristisch für das Bindegewebe der nervösen Centralorgane betrachtet werden müssen. Aber während eines von den Bildern, welche uns DEITERS von den fraglichen Elementen hinterlassen hat, der Wahrheit sehr nahe kommt (Zellen mit wenig deutlichem Körper, aus dessen Umfange nach allen Richtungen eine grosse Zahl von fadenförmigen, biegsamen, ziemlich langen Fortsätzen ausgeht), so zeigt dagegen seine Beschreibung und seine Ansicht über den feineren Bau des Bindegewebes der Nervencentra, welche er im Texte der Arbeit giebt, bei weitem nicht dieselbe Richtigkeit. Offenbar durch vorgefasste, theoretische Ideen über den Bau des gewöhnlichen Bindegewebes irregeführt, zeigt er sich sogar ungewiss darüber, ob den von ihm beschriebenen Elementen die Würde echter Zellen zukomme, und um jedenfalls bei ihrer Benennung keinen Irrthum zu begehen, giebt er ihnen den nicht compromit-

tirenden Namen »Zelläquivalente«. Er erklärt es ferner für äusserst unwahrscheinlich, dass in den Centralorganen Zellen mit deutlichem Zellencharakter vorkommen sollten, welche nicht nervöser Natur seien, und behauptet, man dürfe zu dem Bindegewebsstroma nur die Formen rechnen, welche frühere Autoren unter dem Namen »freie Kerne« zusammengefasst hätten.

Jedenfalls blieb, wie gesagt, auch der richtige Theil der Beschreibung von DEITERS mehrere Jahre lang nach der Veröffentlichung seiner Arbeit in Vergessenheit. So sehen wir, dass in der ausführlichen Arbeit von HENLE und MERKEL[1]). »Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems« der Name von DEITERS nicht ein einziges Mal genannt wird. Auch STIEDA zeigte in seinen verschiedenen Publicationen, dass er die Arbeit von DEITERS ebenfalls nicht kannte. Die Beschreibung und die Abbildungen von GERLACH beweisen, dass es auch ihm nicht gelungen ist, die von DEITERS beschriebenen Zellen isolirt zu sehen. Dasselbe lässt sich von den Beschreibungen und Abbildungen von KÖLLIKER, FROMMANN, FREY und Anderen sagen.

Nach DEITERS erhielten unsere Kenntnisse über den feineren, morphologischen Bau des interstitiellen Gewebes der Nervencentra einen neuen Zuwachs durch die von mir ausgeführten Untersuchungen. Die Beschreibung dieses Gewebes, welche ich in einer 1870 publicirten Arbeit[2]) in kurzer Zusammenfassung und ausführlicher im Jahre 1871[3]) geliefert habe, kann jetzt mit volllem Rechte für richtig erklärt werden, da sie durch spätere Forschungen vollständig bestätigt worden ist. In den beiden soeben genannten Arbeiten habe ich nicht nur eine genaue Beschreibung der typischen Bindegewebselemente (strahligen Zellen) gegeben, welche sich in allen Provinzen des Centralnervensystems vorfinden, sondern auch ausdrücklich die Ansicht ausgesprochen, »dass das interstitielle Gewebe der Nervencentra, wenn nicht ausschliesslich, so doch in sehr grosser Mehrheit aus denselben strahligen Zellen besteht, also aus Zellen mit deutlichem Körper, umgeben von einer unzähligen Menge fadenförmiger, sehr langer und nach allen Richtungen verlaufender Fortsätze, von denen viele sich an die Gefässwände ansetzen«.

Darauf wurden die Bindegewebszellen der Nervencentra von JASTROWITZ[4]) genau beschrieben und abgebildet, wenn auch nur für einen kleinen Theil des Gehirns (Corpus callosum), und später, sowohl für das Gehirn, als für das Rückenmark, von BOLL[5]). Der Letztere widmete dem Thema über den Bau der Neuroglia ein ausführliches Capitel seiner Arbeit, aber obwohl er das Verdienst für sich in Anspruch nahm, die von DEITERS begonnenen Studien über die Neuroglia weiter entwickelt zu haben, so bedeutete jene Arbeit doch nichts weiter, als eine Bestätigung der Resultate von DEITERS und der meinigen. BOLL fügte an Eigenem nur einige Einzelnheiten hinzu, welche der Wahrheit nicht entsprechen, wie seine Abbildungen beweisen, mit welchen er die Bindegewebszellen des Grosshirns und Rückenmarks hat darstellen wollen.

In der neuesten Phase der Histologie, kann man sagen, ist das Dasein der erwähnten, charakteristischen Bindegewebszellformen der Centra von den Histologen allgemein bestätigt worden, wenn auch noch wenige dahin gelangt sind, ihre Wichtigkeit in Bezug auf ihre Verbreitung, ihre Menge und den Antheil, den sie an der Bildung des interstitiellen Gewebes nehmen, anzuerkennen. Aber es wäre nicht richtig, wollte man sagen, in der modernen Phase der Histologie seien über die Existenz der genannten charakteristischen Formen der Elemente des interstitiellen Stromas der nervösen Centralorgane keine Zweifel erhoben werden. Ja sie wurden von angesehenen Histologen mit Nachdruck vorgebracht und werden noch aufrecht erhalten. Hier sind vor allem die Ansichten RANVIER's zu erwähnen. Er stützte sich auf die Resultate von Beobachtungen, die er bei Zerzupfung von Rückenmarksstückchen nach der Einwirkung der Osmiumsäure erhalten hatte (interstitielle

1) HENLE und MERKEL, Ueber die sogenannte Bindesubstanz der Centralorgane des Nervensystems. Zeitschr. für rat. Med., 3. Serie, Bd. 24, S. 49.

2) C. GOLGI, Sulla sostanza connettiva del cervello. Rendic. del Ist. lombardo di scienze e lettere, Fascicolo d'Aprile, 1870.

3) C. GOLGI, Contribuzione alla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso. Rivista clinica di Bologna, 1871—72.

4) JASTROWITZ, Studien über die Encephalitis und Myelitis des ersten Kindesalters. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1871, Bd. 3, S. 162.

5) F. BOLL, Die Histologie und die Histogenese der nervösen Centralorgane. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1873.

Injection einer einprocentigen Lösung)[1]) und behauptete: »die Neuroglia des Rückenmarks bestehe aus Fasern von verschiedener Länge, welche an einigen Stellen Kreuzungen zeigten, in deren Niveau sich gewöhnlich abgeplattete Zellen befänden«. Die morphologischen Elemente der Neuroglia wurden also nach RANVIER als einfache zellige Lamellen dargestellt, welche nicht von ihrem Umfange eine Anzahl von Fortsätzen aussenden, sondern nur den Kreuzungspunkten der einfachen Bindegewebsfasern aufliegen und nach seiner Meinung den wesentlichen Theil des interstitiellen Gewebes ausmachen; die beschriebene Fortsetzung der Zellkörper in eine Reihe von Fortsätzen sei nur die Wirkung einer Täuschung. Der Schluss, zu welchem RANVIER nach dieser Beschreibung gelangt, »so schliesse sich also das Bindegewebe des Rückenmarks dem von ihm aufgestellten Schema für das gewöhnliche Bindegewebe an«, ist gewiss nicht fähig, den Zweifel zu entfernen, seine vorgefassten Meinungen über den Bau des gewöhnlichen Bindegewebes seien nicht ohne Einfluss auf seine soeben angegebene Betrachtungsweise der Zellen der Neuroglia gewesen. Es ist jedoch hinzuzufügen, dass dieselbe Ansicht von RANVIER neuerlich wieder durch neue Gründe und genauere Beobachtungen gestützt worden ist[2]). In dieser Arbeit behauptet er wieder, die Zellen der Neuroglia hätten die Form von einfachen, am Kreuzungspunkte der Fasern liegenden Lamellen, und besonders könnten die Fasern, welche Aehnlichkeit mit Zellenfortsätzen hätten, bis in den Körper dieser Zellen verfolgt werden. Diese, so behauptet er, seien einfach in das Protoplasma eingesenkt (noyées), und wenn man an den mit MÜLLER'scher Flüssigkeit gemachten Präparaten nichts unterscheiden könne, so rühre dies bloss daher, dass nach der Wirkung dieses Reagens ihr Brechungsindex dem der umgebenden Substanz nahezu gleich sei. Er beschreibt dann mehr im Einzelnen, wie die die Zellen der Neuroglia durchsetzenden Fasern nicht immer geradlinig verlaufen, sondern dass viele davon Krümmungen beschreiben und sich schlingenartig zurückbiegen. »Die Masse des Protoplasmas«, fügt er hinzu, »schickt bisweilen zu den Fasern, welche sich daraus entwickeln, Ausbreitungen aus, welche sich zwischen diesen Fasern wie eine Zwischenfingermembran ausspannen, andere Male sie wie Manschetten umgeben; häufig trennen sich zwei in derselben Manschette enthaltene Fasern in der Folge, so dass man an eine Theilung glauben könnte.«

So würden sich nach RANVIER die verschiedenen Erscheinungsweisen erklären, unter denen die Zellen der Neuroglia auftreten können, und ebenso die Thatsache, dass Einige Theilungen der Zellfortsätze beschreiben, während Andere sie leugnen. Jedenfalls wären die Theilungen nur scheinbar.

Der im Jahre 1873 von RANVIER ausgesprochenen Meinung, dass die zelligen Elemente, welche an der Bildung des Stützstromas der Nervencentra Theil nehmen, was ihre Gestalt und ihr Verhalten betrifft, unter das Schema des gewöhnlichen Bindegewebes fallen müssen, nähert sich unter den neueren Histologen SCHWALBE[3]), in dessen Beschreibung man sehr deutlich die Absicht erkennt, die alten Beschreibungen der Neuroglia mit einigen von den modernen Ideen und Kenntnissen über dieselbe in Einklang zu bringen. Diese Neigung scheint übrigens viel mehr aus theoretischen, von der Kenntniss ähnlicher Zustände hergeleiteten Ideen als aus eigenen, genauen Untersuchungen zu entspringen.

Zu dem Stützstroma des Nervengewebes rechnet SCHWALBE vor allem »jene dünnen Schichten homogener Substanz, welche in den Centralorganen Nerven-Zellen und -Fasern zusammenkitten, und die man Neuroglia oder Nervencement nennen kann (VIRCHOW)«. Diese während des Lebens weiche, in Alkohol und anderen Reagentien erhärtende Substanz, welche ein Netz bildet, in dessen Maschen die nervösen Elemente eingeschlossen sind, sei von derselben Beschaffenheit, wie die interstitielle Substanz, welche die Epithelien verkittet, mit welcher sie alle Reactionen gemein habe, mit Einschluss der Schwärzung unter dem Einflusse des Silbernitrats. Indem er sich auf die gänzliche Verschiedenheit der Reactionen stützt, leugnet er, dass das, was er das Netz der Glia nennt, mit dem schwammigen Bindegewebe gleichgestellt werden könne, was Viele gethan haben, wie z. B. mit dem der Drüsen. Zu dem echten Bindegewebe rechnet er übrigens die Zellelemente, die Gliazellen, welche in der Neuroglia enthalten sind; er erklärt sie für vergleichbar »den durch Umbildung von Wanderzellen entstandenen, welche man in der interstitiellen Substanz der gewöhnlichen

1) L. RANVIER, Sur les éléments conjonctifs de la moelle épinière. Comptes rend. de l'Acad. des sciences, 1873, p. 1299—1230.

2) L. RANVIER, De la nevroglie. Comptes rend. de l'Acad. des sciences, 5 Juin 1882, und Travaux du laboratoire d'histologie du Collège de France, 1883.

3) SCHWALBE, Lehrbuch der Neurologie, Erlangen 1881, S. 304.

geschichteten Epithelien antrifft«. Was die Gestalt dieser Zellen betrifft, so sieht er von den eingewanderten und noch nicht modificirten ab und beschreibt und zeichnet sie als abgeplattet, mit einfach gezähneltem Rande. Hierauf beschränkt sich SCHWALBE's Beschreibung des interstitiellen Gewebes der Nervencentra noch nicht. Nachdem er gesagt hat, dass die Neuroglia VIRCHOW's durch die mit dem die Epithelien verbindenden Cement identische Substanz und durch die eben genannten amöbiden oder unbeweglichen (abgeplatteten) Zellen dargestellt wird, fügt er hinzu, das Stützgewebe der Centralorgane trete auch unter der Gestalt jener Substanz auf, welche bei mässiger Vergrösserung feinkörnig erscheint und darum körnige Substanz genannt wird (z. B. diejenige, welche die Oberfläche des Gross- und Kleinhirns überzieht und die Marksubstanz des Rückenmarks etc.), bei starker Vergrösserung aber ein netzförmiges Aussehen darbietet. Diese Substanz erklärt er durchaus verschieden von dem Nervencement, und indem er sich auf die Untersuchungen von EWALD und KÜHNE bezieht, welche bekanntlich nachgewiesen haben, dass auch in den nervösen Centralorganen eine Substanz, welche die Reaction des Hornstoffs giebt (Neuro-Keratin) sehr verbreitet ist, so erklärt SCHWALBE, für diese zweite Art von Stützgewebe würde der Name »Hornspongiosa« passen.

In dieser Darstellung SCHWALBE's finden wir einestheils die alten Ideen von SCHULTZE und KÖLLIKER über den netzförmigen Bau des interstitiellen Gewebes der Nervencentra, zum Theil auch die von HENLE und MERKEL über die Natur und Herkunft der zelligen Elemente dieses Gewebes, anderentheils auch die Meinung von RANVIER, die Zellen der Neuroglia müssten den Endothelzellen des gewöhnlichen Bindegewebes gleichgestellt werden, mit einander verbunden. Endlich sehen wir noch einen Versuch, die wichtigen Untersuchungen von EWALD und KÜHNE über das Neurokeratin auf die Morphologie anzuwenden. Das Ganze ist jedoch ohne kritische Auswahl durcheinander gemischt, welche nur die Folge persönlicher Beobachtung nach den verschiedenen Methoden sein kann, deren Anwendung zur Erkennung der genauen Einzelnheiten der Organisation jetzt allgemein als nothwendig anerkannt wird.

Da wir hier die Studien von EWALD und KÜHNE berührt haben, so halten wir es für nöthig, die Aufmerksamkeit speciell auf dieselben zu lenken, denn durch Einführung neuer Unterscheidungsmittel in die Untersuchungen über das Nervensystem haben sie zu neuen, wichtigen Entdeckungen geführt, welche ihrerseits zum Ausgangspunkte weiterer, genauerer Untersuchungen wurden.

Es ist bekannt, dass EWALD und KÜHNE durch rein chemische Mittel, besonders durch die Methode der künstlichen Verdauung mittelst Magensaftes und Trypsins den Beweis geliefert haben, dass in den nervösen Organen im Allgemeinen eine Substanz weit verbreitet ist, welche die Reaction der Horngewebe giebt. Diese beiden Beobachter haben ferner nachgewiesen, dass die genannte Substanz nicht allein in den Nerven und in der weissen Substanz des Gehirns und Rückenmarks, sondern auch in der grauen Substanz vorhanden ist. In Bezug auf den Gegenstand, mit welchem wir uns jetzt beschäftigen, erklärten sie mit Bestimmtheit: »Das, was als Bindegewebe der grauen Substanz betrachtet wird, ist der grössten Masse nach keine leimgebende Substanz und besonders kein Bindegewebe, sondern epithelialer Natur und stammt von dem Hornblatte, wie die Nerven« [1]).

Als durch diese Arbeiten von EWALD und KÜHNE das Vorhandensein einer Hornsubstanz (des Neurokeratins) in dem Nervensystem nachgewiesen war, kam es darauf an, festzustellen, auf welche Weise diese Substanz in den verschiedenen Theilen des Nervensystems vertreten sei. Was die peripherischen und centralen Nervenfasern betrifft, so hat die Lösung dieser Frage durch die von mir angestellten und mit wichtigen Erfolgen in meinem Laboratorium von den Doctoren REZZONICO [2]) und MONDINO [3]) fortgesetzten histologischen Untersuchungen einen guten Schritt vorwärts gethan. In Bezug auf diese Untersuchungen ist es nicht überflüssig, zu bemerken, dass die Beobachtungen von PERTIK [4]), sowie die von WALDSTEIN und WEBER [5]) ohne Bedeutung geblieben sind; aber für die graue Centralsubstanz ist die Frage, ausser der oben erwähnten Angabe von EWALD und KÜHNE, der Lösung keinen Schritt näher gekommen. Diese Angabe enthält übrigens

1) A. EWALD und W. KÜHNE, Die Verdauung als histologische Methode. — Dieselben, Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. Verhandl. des Naturhist.-med. Vereins in Heidelberg, 1876, Bd. 1, H. 3.
2) G. REZZONICO, Sulla struttura delle fibre nervose del midollo spinale. Arch. per le sc. med., Vol. IV.
3) C. MONDINO, Sulla struttura delle fibre nervose midollate periferiche. Ibid. Vol. VIII.
4) PERTIK, Untersuchungen über Nervenfasern. Archiv für mikr. Anat., 1881, Bd. 19.
5) WALDSTEIN und WEBER, Arch. de Physiol. norm. et path., 1882, S. 2a, T. 10.

nichts über die morphologische Vertheilung des Neurokeratins in der grauen Substanz und könnte nur den Werth einer Hypothese haben, wenn darin ausgesprochen würde, wie Einige glauben zu wollen scheinen, dass zur Hornsubstanz nur die die Neuroglia bildenden Theile gehören.

An die Lösung der hier angedeuteten Frage über den Zustand, in welchem sich die Hornsubstanz in den nervösen Organen befindet, treten die Arbeiten von UNGER und WITKOWSKI nur als einfache Versuche heran. Der Erstere [1]) behauptete allerdings, die genannte Substanz trete in Form eines Netzes auf, lieferte aber nicht den geringsten Beweis, dass die von ihm gezeichneten netzförmigen Figuren wirklich aus Hornsubstanz bestehen. Seine Zeichnungen beweisen vielmehr, dass es sich um etwas ganz anderes handelt. Ferner scheint seine Behauptung um so weniger gerechtfertigt, als er auch behauptet, das hornige Netz finde sich bei dem Hühnchen schon vor der Bildung des Myelins, während die chemischen Untersuchungen von EWALD und KÜHNE und Anderen, spätere bewiesen haben, dass der Hornstoff später auftritt, wenn das Myelin schon entwickelt ist.

WITKOWSKI [2]) liefert interessante Thatsachen, welche die von EWALD und KÜHNE bestätigen. Während unter dem Einflusse des Magensaftes an mit Alkohol gehärteten Schnitten durch das Rückenmark Erwachsener die interstitielle Substanz der auflösenden Wirkung des Reagens widersteht, so dass, trotz der Ausziehung einer gewissen Menge von (albuminoidem) Stoff, der Zusammenhang der nervösen Elementartheile nicht bedeutend gestört wird, so erfolgt bei Schnitten durch auf dieselbe Weise behandeltes embryonales Nervengewebe ein vollständiges Zerfallen des Gewebes, so dass die frei gewordenen Nervenelemente nur mit Hülfe eines Filtrums wieder zu sammeln wären. — Hier legt man sich sogleich die Frage vor, wann und auf welche Weise sich die Umbildung der verdaulichen Neuroglia des Embryos in die unverdauliche des Erwachsenen vollzieht, und man kann die schon von WITKOWSKI angeregte Vermuthung aussprechen, es bestehe eine Beziehung zwischen dieser Verwandlung und der Bildung des Myelins, und die Löslichkeit der interstitiellen Substanz stehe in umgekehrtem Verhältniss zur Entwickelung der Markscheide. Wenn man diese Beziehung anerkennt, so kann man weiter schliessen und »ein inniges formatives und chemisches Verhältniss zwischen der Marksubstanz und der Neuroglia annehmen«; und dieser Schluss stimmt auch mit den vorhergehenden Beobachtungen von EWALD und KÜHNE überein, welche die Bemerkung machten, die Gegenwart der unverdaulichen Hornsubstanz sei immer an die Gegenwart des Myelins gebunden.

Aber wenn diese Beobachtungen von WITKOWSKI ihren Werth haben, insofern sie dazu dienen, die von EWALD und KÜHNE aufs neue zu bestätigen, und daher für weitere Untersuchungen über das Auftreten des Neurokeratins von Wichtigkeit sein können, so lässt sich nicht dasselbe über die Schlüsse sagen, welche er auf directe oder indirecte Weise daraus ziehen zu können geglaubt hat. Es genügt, zu sagen, dass er den Nervenfasern besondere hornige Scheiden abspricht und ohne weiteres annimmt, in den Elementen selbst trete das Neurokeratin auf keine Weise morphologisch auf, sondern finde sich nur in chemischer Verbindung mit dem Myelin. Gegenwärtig sind die Kenntnisse, die wir darüber besitzen, zu genau, die Mittel, um die Gegenwart jener Hüllen zu constatiren, zu leicht zugänglich, als dass die einfache Ableugnung ihres Vorhandenseins irgend einen Werth haben könnte. Auch können die wenig beweisenden Beobachtungen und Gründe von PERTIK [3]), auf welche er sich besonders stützt, dieser Ableugnung keinen Werth verleihen. Dasselbe lässt sich von der Beobachtung von WALDSTEIN und WEBER [4]) sagen, welche WITKOWSKI ebenfalls zu seinen Gunsten anführt. Diese haben, ohne sich um die nöthigen Mittel zu kümmern, um die Thatsache festzustellen, sich nicht gescheut, zu behaupten, das in der Markscheide verborgene Fibrillensystem sei im Normalzustande nicht vorhanden und sein Erscheinen sei mit Sicherheit einem durch die Reagentien verursachten Zerfalle des Myelins zuzuschreiben.

Als einziger Schluss geht aus dem Vorhergehenden hervor, dass es bis jetzt nicht möglich ist zu sagen, in welchem Zustande die Hornsubstanz in den Nervencentren verbreitet ist; aber jedenfalls ist in dieser,

---

1) UNGER, Untersuchungen über die Entwickelung der centralen Nervengewebe. Wiener Sitzungsber. der K. Ak. d. Wiss., 1880.

2) L. WITKOWSKI, Ueber die Neuroglia. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankh., Bd. 13.

3) L. c.

4) L. c.

wie in vielen anderen Fragen eine solche Erklärung, welche zu neuen Forschungen einladet, besser, als einfache Behauptungen ohne genügende Grundlage für bewiesene Thatsachen auszugeben.

Die allgemeine Frage nach der Natur des interstitiellen Gewebes der nervösen Centralorgane und besonders nach dem Zustande, in welchem dieses Gewebe in diesen Organen vorkommt und nach seinen Beziehungen zu den das Nervengewebe bildenden Theilen ist mit der weiteren Frage der embryonalen Herkunft des Nervensystems im Ganzen und seiner einzelnen Theile eng verbunden. Diese Frage nach der Embryogenese der Elemente des Nervensystems hängt dann wieder innig zusammen mit dem jetzt so lebhaft geführten Streit über die histogene Bedeutung der Keimblätter, oder der Lage der Keimblätter in Beziehung auf die Gewebe, ja sie fällt fast mit ihr zusammen.

Nachdem REMAK die Grundlehre von den gegenseitigen unveränderlichen Beziehungen der Abstammung zwischen den drei von ihm angenommenen Keimblättern und den verschiedenen Organen und Geweben unseres Körpers aufgestellt hatte, gewann die Ansicht, diese Gewebe und Organe könnten nur, und ohne Ausnahme, von dem einen oder dem anderen Keimblatte abstammen, immer mehr Ansehen unter den Forschern, und hatte im letzten Decennium fast den Werth eines allgemein anerkannten Gesetzes gewonnen. Erst in ganz neuer Zeit erhob sich gegen diese Lehre eine kräftige Opposition, gestützt auf die Untersuchungen von GÖTTE [1]), von KÖLLIKER [2]), von den Gebrüdern HERTWIG [3]) und Anderen. Diese Beobachter versuchten ihrerseits den Beweis zu liefern, dass die Keimblätter »nicht primitive, histologische Organe sind, sondern dass jedes von ihnen die Fähigkeit besitzt, alle hauptsächlichen Gewebe hervorzubringen« (KÖLLIKER).

Die nervösen Organe blieben nicht ausserhalb des Streits, sondern bildeten eines der am meisten umstrittenen Gebiete; auf diesem Boden erschien die Frage unter mehreren Gesichtspunkten und complicirte sich in ihrer Entwickelung.

Ein erster strittiger Punkt war der behauptete verschiedene Ursprung des centralen und des peripherischen Nervensystems.

Bekanntlich nahm REMAK an, das Nervensystem entstehe aus zwei Keimblättern, was man als eine Lücke in der Lehre von der histologischen Bedeutung der Keimblätter erkannte. Spätere Untersuchungen haben dagegen nachgewiesen, dass das ganze Nervensystem einen einheitlichen Ursprung hat — aus dem äusseren Keimblatte oder Ektoderm —, indem die Markplatte, welche aus diesem Blatte entspringt, den Ursprung nicht nur des centralen, sondern auch den des peripherischen Nervensystems bildet.

Aber auch nach dem Nachweise des ektodermischen Ursprungs des Nervensystems im Ganzen hörten die Fragen nach dem Ursprung der äusseren Hüllen der Centralorgane (Dura mater, Pia mater, Arachnoidea) und der Blutgefässe nicht auf.

Was die Meningen betrifft, so vereinigte man sich bald über die Dura mater, welche von allen Autoren dem Wirbelsysteme, also dem mittleren Keimblatte zugerechnet wurde, aber dasselbe lässt sich nicht von der Pia und Arachnoidea sagen. Von REICHERT und RATHKE wurden diese Membranen von demselben primitiven Substrat abgeleitet, wie das Nervensystem, also von dem äusseren Keimblatte. Aber über die Ansichten dieser Beobachter gewannen die von KÖLLIKER, GÖTTE und HENSEN das Uebergewicht, welche sich auf Grund genauer Untersuchungen für ihre Abkunft aus dem Mesoderm aussprachen, wie man es schon für die Dura mater annahm.

Abgesehen von den oben genannten Beobachtern, welche die Meningen von demselben embryonalen Gewebe ableiteten wie das Nervengewebe, müsste man consequenter Weise auch den Blutgefässen denselben Ursprung zuschreiben, aber von den moderneren hat nur GÖTTE behauptet, sie bildeten sich in loco aus demselben embryonalen Substrat, woraus sich die Nervenelemente entwickeln. Jetzt nimmt man allgemein an, dass die Gefässe in das Nervengewebe von aussen eintreten, durch Introflexion, und sich aus Elementen bilden,

1) GÖTTE, Entwickelungsgeschichte der Unke, S. 560.
2) A. KÖLLIKER, Entwickelungsgeschichte, 2. Aufl., S. 388—398.
3) HERTWIG, Die Actinien. Jenaische Zeitschr., Bd. 14, S. 74, 80.

welche zum mittleren Keimblatte gehören. Hier ist es nicht am Platz, uns mit den vielen Fragen zu beschäftigen, welche von den Embryologen über die Herkunft der Gefässe aufgeworfen worden sind.

Schliesslich kann man sagen, dass es jetzt für bewiesen gilt, dass nicht nur die äusseren Hüllen der nervösen Centralorgane und ihre directen Fortsätze in die inneren Theile dieser Organe, sondern auch alle Blutgefässe, an denen diese Organe so reich sind, von dem mittleren Blatte des Blastoderms abstammen. Obgleich diese Membranen und ihre Fortsätze zum Nervensysteme gehören, betrachtet man sie doch als mit allen Eigenschaften des echten Bindegewebes ausgestattet, zu welchen, in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit, zunächst die morphologischen und chemischen Eigenschaften und dann ihre Abstammung aus dem mittleren Keimblatte zu rechnen sind.

Als man den Ursprung der nervösen Elemente aus dem äusseren Keimblatte erkannt und auch die Herleitung der Meningen und Gefässe aus dem Mesoderm für unbestreitbar erklärt hatte, so waren darum die weiteren histogenetischen Discussionen über das Nervengewebe nicht zu Ende. Sie wurden noch einmal aufgenommen über das interstitielle Gewebe im Allgemeinen, die besonderen Elemente, welche darin auftreten, im Besonderen. Ueber diesen Punkt stimmen die von den berühmtesten Beobachtern ausgesprochenen Ansichten durchaus nicht überein.

Auch hier wird der Streit aus verschiedenen Gesichtspunkten geführt; während man einerseits behauptet hat und noch behauptet, die Neuroglia stamme aus dem Ektoderm, ebenso wie die Nervenzellen, so versichert man von der anderen Seite, das interstitielle Stroma gehöre dem Mesoderm an, wie das gewöhnliche Bindegewebe, mit welchem man es auch seinen morphologischen und chemischen Eigenschaften nach gleichstellen will. Andere nehmen zwar den Ursprung aus dem äusseren Keimblatte an, schreiben ihm aber zugleich die dem echten Bindegewebe eigenen morphologischen und chemischen Eigenschaften zu, wobei man jedoch diese Meinung der allgemeinen Annahme unterordnet, die verschiedenen Keimblätter könnten jede Art von Gewebe hervorbringen.

Da es sich um eine ganz moderne Streitigkeit handelt, welche, so zu sagen, noch immer auf der Tagesordnung steht, und in welcher mehrere der angesehensten Histologen und Embryologen das Wort ergriffen haben, so erscheint es mir unvermeidlich, hier eine Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Frage zu geben, indem ich die über diesen Gegenstand ausgesprochenen Ansichten zusammenfasse. Ich will im voraus bemerken, dass weder die eine noch die andere der einander widersprechenden Lehren als die nothwendige Folge einer Reihe gut festgestellter Thatsachen erscheint.

Die Beobachtungen von Boll[1]) erscheinen in erster Linie unter den zur Ergründung des embryonalen Ursprungs der Neuroglia unternommenen. Bei Untersuchung des Hirngewebes eines Hühnerembryos am dritten oder vierten Tage der Entwickelung will er zwei verschiedene Arten von Elementen gefunden haben: 1) Zellen mit schon gut erkennbarem Körper, mit Nucleus und Nucleolus versehen; 2) Elemente, deren Zellennatur schwer festzustellen ist, indem sie nur aus Kernen zu bestehen scheinen, welche in einer protoplasmatischen, nicht weiter differenzirbaren Grundsubstanz liegen. Diese Kerne hielt Boll für Zellen, deren Protoplasma in eine gemeinschaftliche Masse zusammengeflossen ist. Während er bei der ersten Art von Elementen nicht zweifelhaft war, dass es sich um schon gut individualisirte Nervenzellen handle, so schrieb er der zweiten die Aufgabe zu, eine nicht nervöse, sondern Bindegewebssubstanz zu bilden, welche die Ganglienzellen einschlösse. Bei der weiteren Entwickelung, mit Bildung der Blutgefässe, nehme die Bindegewebs-Grundsubstanz an Masse bedeutend zu, wobei die zuerst gedrängt liegenden Kerne sich von einander entfernten. In der Folge, durch die Wirkung der Bildungsthätigkeit des Protoplasmas, komme es zur Bildung einer Substanz, welche am besten mit der körnigen, albuminoiden Substanz zu homologisiren sei, welche sich in jedem Bindegewebe findet.

In der Darstellung von Boll erkennt man deutlich das Bestreben, die Neuroglia (deren Elemente er am 3. und 4. Tage der Entwickelung schon von den nervösen Elementen differenzirt gesehen haben will) dem gewöhnlichen Bindegewebe zu assimiliren, aber er enthält sich eines bestimmten Ausspruchs über ihre Natur und über die histogenetische Grundfrage. »Ob die nervösen Elementartheile von einem verschiedenen, oder von demselben Substrate abstammen, wie das Bindegewebe der nervösen Centralorgane«, das, erklärt Boll, könnten seine Versuche auf keine Weise entscheiden.

1) Franz Boll, Die Histologie und Histogenese der nervösen Centralorgane. (Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankh., Berlin 1873, Bd. 6.

Auch EICHHORST[1]) hat über die embryonale Entwickelung der Neuroglia beim Menschen Untersuchungen angestellt, aber über diesen besonderen Punkt haben seine Beobachtungen unsere Kenntnisse nicht vermehrt. Im Rückenmarke unterscheidet er die Bindegewebselemente, welche sich in den ersten Phasen der Entwickelung vorfinden, von den später auftretenden. Vor dem vierten Monate sollen die Bindegewebszellen durch gewisse mit Kernen versehene Elemente dargestellt werden, welche man in grossen Zwischenräumen in einer zwischen den Nervenzellen liegenden Zone von moleculärer Substanz erblicke. Diese Elemente seien diejenigen, welche sich von den entwickelten Axencylindern getrennt und ursprünglich die Bildung der Axencylinder begonnen hätten (?). Im vierten Monate beginne in dieser molecularen, interfibrillären Substanz ein Eindringen von weissen, aus den Gefässen ausgewanderten Blutkörperchen. Die Einwanderung dieser Elemente, welche er ohne weiteres »embryonale Gliazellen« nennt, soll bis zur Geburt fortdauern. Doch versichert er, sie träten nicht in innige Beziehung zu den umliegenden Theilen, nähmen niemals den complicirten Bau der späteren Stadien an, sondern zeigten zuerst rückschreitende Metamorphosen, und erst im fünften Monate erhielten sie Fortsätze, welche schnell sehr lang würden. — Es ist unnöthig, uns bei dem Beweise aufzuhalten, dass die Behauptungen dieses Beobachters mit sehr leicht zu beobachtenden Thatsachen in vollkommenem Widerspruch stehen.

HANSEN[2]) behandelt ebenfalls den Ursprung des Stützgewebes der nervösen Centralorgane, und nachdem er die Beobachtungen BOLL's kritisirt hat, gegen den er die Möglichkeit leugnet, dass man schon am dritten und vierten Tage die Zellen des Stützgewebes von den Nervenzellen unterscheiden könne, stellt er selbst die Behauptung auf, das Bindegewebe im Rückenmarke stamme von der mit den Gefässen eingedrungenen Bindesubstanz ab.

Von den bis jetzt genannten Beobachtern wich GÖTTE[3]) ab, indem er behauptete, die Zellenmasse, aus welcher ursprünglich der Centralkanal gebildet wird, liefere nicht nur die nervösen, sondern auch die Bindegewebselemente. Man muss sich jedoch erinnern, dass GÖTTE zu denen gehört, welche auch die Gefässe von dem äusseren Keimblatte ableiten; so wird es ziemlich schwer, das zu verstehen, was er über die weitere Entwickelung der Bindegewebssubstanz sagt. Zu einer gewissen Zeit sollen die zum Bildungssubstrate der grauen Substanz gehörenden Zellen in die weisse einwandern, sich da ausbreiten und verzweigen, und sich dann mit den Gefässen der Pia mater in Verbindung setzen.

Auch LÖWE[4]) in seinem grossen Werke über die embryologische Entwickelung des Gehirns zeigt die Absicht, das Problem über die (nervöse oder bindegewebige) Natur und über den Ursprung der Neuroglia aus dem Meso- oder Ektoderm zu lösen. Aber die Ansicht, welche er über dieses Gewebe kundgiebt, ist der Art, dass man es von vornherein für unmöglich erklären kann, er werde darüber ein gültiges Urtheil fällen. Er behauptet, die Neuroglia entspringe aus dem Ektoderm und habe mit dem mesodermischen Bindegewebe nichts zu thun, aber er versichert ausserdem, »alle Zellenelemente, welche durch die Einbiegung des Ektoderms in der ersten embryonalen Bildung des Centralnervensystems auftreten, seien nervöser Natur und bildeten sich nicht in Bindegewebe oder Gefässe um«. Der Neuroglia spricht er die zelligen Elemente ab und bezieht sich in Betreff der morphologischen Erscheinungsweise dieses Gewebes auf eine frühere Arbeit[5]). Er spricht die Ueberzeugung aus, die Neuroglia bestehe nur aus einem speciellen System von zugespitzten Fasern (Stiftfasern), welche zum Theil aus der Oberfläche der Pia, zum Theil von der Adventitia lymphatica der Gefässe, zum Theil auch von einem Netze von Bindegewebsbälkchen, welche ebenfalls von der unteren Fläche der Pia mater ausgingen, abstammten. Er schliesst nicht nur die zelligen Elemente von der Neuroglia aus, sondern scheut sich auch nicht, die Vermuthung auszusprechen, die von mir, JASTROWITZ und BOLL unter dem Namen »strahlige oder Spinnen-Zellen« beschriebenen Formen seien der Ausdruck von Täuschungen, dadurch hervor-

1) EICHHORST, Entwickelung des menschlichen Rückenmarks. Virchow's Archiv, 1875, Bd. 64.

2) HANSEN, Zeitschr. für Anatomie und Entwickelungsgeschichte, 1875, Bd. 1.

3) GÖTTE, Die Entwickelungsgeschichte der Unke, Leipzig 1875.

4) LÖWE, Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Nervensystems der Säugethiere und des Menschen. Bd. 1. Morphogenesis des centralen Nervensystems, Berlin 1888, S. 82.

5) P. LUDWIG LÖWE, Zur Kenntniss der Bindesubstanz im Centralnervensystem der Säugethiere. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, 1876, Bd. 7.

Die hier von LÖWE mitgetheilten Resultate sind durch so unzweckmässige Methoden erhalten worden, dass sich deren primitiver Charakter von vornherein erklärt.

gebracht, dass Theilchen von moleculärer Substanz nicht selten an den Stiftfasern .hängen bleiben (die bekannten strahligen Fasern).

Wenn es LÖWE also noch nicht gelungen ist, die so leicht wahrzunehmenden charakteristischen zelligen Elemente als wesentliche Theile der Neuroglia zu erkennen, so ist es klar genug, dass seine Behauptung, alle zelligen Elemente, welche das primitive, ursprüngliche Substrat des Nervensystems bilden, seien nervöser Natur, sehr wenig Bedeutung haben kann. — Um den Werth der von LÖWE vorgetragenen Ansichten richtig zu beurtheilen, wird es gut sein, auch folgende Aussprüche anzuführen, in welchen er, unter Vorausnahme dessen, was er im zweiten Theile seines Werkes zu sagen gedenkt, seine Ansichten über die Natur der Neuroglia zusammenfasst:

»Die Neuroglia muss als ein noch nicht zu Nervenfasern entwickeltes Material betrachtet werden, welches aber direct in solche übergehen kann.«

»Die Nervenfasern müssen, um zu solchen zu werden, ein Stadium durchlaufen, welches dem der Neuroglia ähnlich ist; diese wäre also eine Substanz, welche der Bildung der Nervenfasern vorausgeht« (!).

In einer anderen, schon erwähnten Arbeit, der von UNGER [1]), welche sich auf Untersuchungen am Hühnerembryo nach acht- bis neuntägiger Bebrütung stützt, beschreibt der Verfasser die Entwickelung aller die nervösen Centralorgane bildenden Theile, und die wichtigsten unter den Problemen, welche über diesen Gegenstand von den Beobachtern umstritten werden, stellen sich darin als gelöst dar. Aber auch hier ist der Inhalt der Beschreibung derartig, dass er der Beweisführung, welche gegeben werden soll, allen Werth nimmt. In der weissen Substanz beschreibt UNGER die Bildung von linearen Bindegewebsbälkchen, welche von einem Netze eingenommene Räume begrenzen, so dass daraus netzförmige Säulen entständen, welche ebenso viele sich entwickelnde Nervenfasern darstellen sollen. Die linearen Bälkchen, aus reihenweis stehenden Zellen gebildet, sollen die sich bildende SCHWANN'sche Scheide darstellen; das Netz der Säulen sei das hornige Netz von EWALD und KÜHNE und nehme den Raum zwischen der SCHWANN'schen Scheide und dem Axencylinder ein. Diesen letzteren hält der Verfasser übrigens, da er ihn während der Entwickelungsperiode, auf welche sich seine Beobachtungen beziehen (acht Tage), niemals finden konnte, für eine spätere Bildung. So würde also der wesentliche Theil der Nervenfaser, ja der eigentliche Repräsentant derselben, von secundärer Entwickelung sein, während die Nebentheile, das Netz und die SCHWANN'sche Scheide, sich primär bilden würden.

Es ist ferner zu bemerken, dass er zwischen den verschiedenen Fortsätzen der Ganglienzellen keinen Unterschied gefunden hat und ohne weiteres annimmt, irgend einer der protoplasmatischen Fortsätze könne sich im Laufe der Entwickelung von den anderen differenziren und die Eigenschaften des speciellen Fortsatzes annehmen, welcher bestimmt ist, sich mit den Nervenfasern zu verbinden und deren Axencylinder zu bilden. Das Netz der Nervenfasern sowie das der grauen Substanz, welche eine directe Fortsetzung derselben wären, beschreibt UNGER als aus einer directen Umbildung der Randzone der in dem Gewebe zerstreuten Zellen abstammend, und zwar besonders durch Bildung von Vacuolen; der Rest des Zellkörpers, welcher keine Umbildung erlitten habe, bleibe in den Maschen des Netzes liegen. Endlich bemerke man noch, dass nach dem Verfasser zwischen den Ganglienzellen und denen des interstitiellen Stromas kein wesentlicher Unterschied besteht [2]).

Der Werth dieser Reihe von Angaben erscheint schon a priori als nichtig, wenn man bedenkt: 1) Dass der Verfasser die Bildung der SCHWANN'schen Scheide an den nervösen Gehirnfasern (nach 8—9-tägiger Bebrütung!) beschreibt, während gerade der Mangel dieser Scheide der Hauptcharakter der Centralnervenfasern und vorzüglich der des Gehirns ist [3]). 2) Dass er ferner die Bildung des Netzes zwischen den embryonalen Nervenfasern beschreibt, während, auch abgesehen von den Untersuchungen WITKOWSKI's (welcher durch die Verdauungsmethode bewiesen hat, dass das Neurokeratin in den embryonalen Nervenfasern nicht vorkömmt, sondern einer fortgeschrittenen Entwickelung angehört), das Neurokeratin bekanntlich in den Centralnervenfasern nicht in netzförmiger Gestalt auftritt, sondern an die eigenthümlichen, spiraligen, in der Markscheide verborgenen Spirillen gebunden ist, welche sich übrigens nur in den Markfasern finden. 3) In Bezug auf den

1) P. L. UNGER, Untersuchungen über die Entwickelung der centralen Nervengewebe. Sitzungsbericht der Kais. Akad. der Wissenschaften, Sitzung vom 13. November 1879.

2) L. WITKOWSKI, Ueber die Neuroglia. Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. 13.

3) L. c.

Axencylinder, welchen UNGER für eine späte Bildung hält, kann ich versichern, dass er in einer viel früheren Entwickelungsperiode vorhanden ist, als in der von UNGER studirten; auch der functionelle Fortsatz der Ganglienzellen, wenn man ihn nach richtiger Methode aufsucht, ist als solcher ebenfalls in einer früheren Periode deutlich erkennbar (bei dem Hühnchen mit Sicherheit schon nach 4—5-tägiger Bebrütung, vielleicht früher). Nach allem diesem begreift man (auch abgesehen davon, dass die Entwickelungsperiode, auf welche sich UNGER's Untersuchungen beziehen, ihm nicht erlauben würde, allgemeine Folgerungen daraus zu ziehen), dass seine Behauptung, »die Scheidewände der weissen Substanz, die SCHWANN'sche Scheide, das Netz der Nervenfasern (von EWALD und KÜHNE) und der grauen Substanz, dass alles dieses von den Zellen des äusseren Keimblattes und der Markplatte abstamme«, keinen anderen Werth hat als den einer Vermuthung.

Die neueste, ja man könnte sagen die wichtigste Aeusserung über diesen schon lange umstrittenen Gegenstand kommt uns von KOELLIKER; wir finden sie in seiner neuen Arbeit, welche dazu bestimmt ist, die jetzt herrschenden, einander widersprechenden Ansichten über das Verhältniss der Keimblätter zu den Geweben ausführlich zu besprechen [1]). Bei der Aufzählung der Gewebe, welche aus dem äusseren Keimblatte entstehen, stellt er zu diesen, ausser dem eigentlich sogenannten Nervengewebe, den glatten Muskeln etc. auch die interstitielle Substanz des Gehirns, des Rückenmarks, der Retina und des primitiven Sehnerven. Aber die Betrachtungen, durch welche er diese Ansicht zu stützen sucht, sind der Art, dass man zweifelhaft wird, ob nicht in diesem Punkte diese Behauptung der allgemeinen Idee, welche er durch Thatsachen stützen möchte, durchaus untergeordnet ist, nämlich der Idee, dass die einzelnen Keimblätter die verschiedensten Gewebe hervorbringen können. In der That erklärt er das fragliche Gewebe für morphologisch nicht wesentlich verschieden von den einfachen Bindesubstanzen, zu denen es gestellt werden müsste, und gerade in dieser Gleichheit erblickt er einen weiteren Beweis, dass auch das Markblatt, welches aus dem äusseren Keimblatte stammt, nicht bloss e i n e Art von Elementen hervorbringt. Man muss sich erinnern, dass er, in Bezug auf den Bau des interstitiellen Gewebes der Nervencentra, fortfährt, sich auf seine alte Beschreibung zu beziehen, für welche gewiss die Bestätigung durch die neueren Beobachtungen von GIERKE [2]), die einzigen, die er aufgefunden hat, nicht gültig sind.

In Betreff des embryonalen Ursprungs und der Gewebsklasse, zu welcher man nach histogenetischen Kriterien die Neuroglia rechnen müsse, ist man zu der Erklärung genöthigt, dass es bis jetzt nicht möglich ist, aus der vorgelegten Reihe von Beobachtungen, von REMAK bis zu unserer Zeit, eine unbestreitbare Folgerung zu ziehen. Höchstens wäre es erlaubt, zu behaupten, dass von den verschiedenen sich widersprechenden Ansichten diejenige, welche dieses Gewebe von dem äusseren Keimblatte ableitet, die grösste Wahrscheinlichkeit für sich hat, dass aber der strenge Beweis dieses Ursprungs bis jetzt noch nicht geliefert worden ist.

Man könnte auch nicht sagen, dass die Basis des speciellen Streits über die embryogene Stellung dieser Neuroglia wesentlich durch die Lehre verschoben worden sei, welche über die Art, wie Elemente und Gewebe aus dem Ei entstehen, von HIS [3]) an die Stelle der anderen gesetzt wurde, wonach die Keimblätter als echte, histogenetische Organe für verschiedene Arten von Geweben zu betrachten wären. Diese Lehre wurde von

---

1) A. KOELLIKER, Die embryonalen Keimblätter und die Gewebe. Zeitschr. für wiss. Zool., 1884, Bd. 11.

2) GIERKE, Die Stützsubstanz des centralen Nervensystems. Neurolog. Centralbl., 1883, No. 16, 17.

3) HIS, Die Lehre vom Bindesubstanzkeim (Parablast). Rückblick nebst kritischer Besprechung einiger neuen entwickelungsgeschichtlichen Arbeiten. Archiv für Anat. und Physiol. Anat. Abth., 1882, S. 62.

Nach der oben erwähnten Lehre von HIS müssen alle Elemente und Gewebe nach ihrem Ursprunge in zwei grossen Abtheilungen untergebracht werden; er unterscheidet archiblastische und parablastische Elemente und Gewebe. Zu den ersteren rechnet er die Epithelialzellen, die secernirenden Drüsenzellen, die Muskelfasern, die Elemente des Nervengewebes mit Einschluss der Neuroglia; zu der zweiten die Elemente der Bindesubstanz (Bindegewebe, Knorpel, Knochen), die Endothelzellen, die lymphoiden Zellen und alle Elemente des Blutes. Diese Eintheilung soll in einem wesentlichen Unterschiede der primitiven Bildungssubstrate beider Gruppen begründet sei. Durch den Segmentationsprocess im Ei bilde sich vor allem ein Zellenmaterial, welches sich in drei Schichten anordne (die bekannten drei Keimblätter), und dieses Material, im Ganzen genommen bilde den Archiblasten (Hauptkeim), den Ursprung aller archiblastischen Elemente und Gewebe. Für die parablastischen Gewebe werden die Urstoffe, deren Ganzes als Parablast (secundärer Keim) bezeichnet wird, erst später und ausserhalb der ursprünglichen Keimblätter gebildet. Nach HIS würde der Parablast von dem sogenannten weissen oder accessorischen Dotter des Eies abstammen, indem aus dessen Elementen Zellen austräten, welche in die archiblastischen Keimblätter einwanderten und sich daselbst in Bindegewebszellen, Blutzellen, Leukocyten u. s. w. umwandelten.

WALDEYER[1]) abgeändert und von mehreren der ausgezeichnetsten Embryologen günstig aufgenommen. Ich meine die Lehre von dem Archiblasten und dem Parablasten.

Wenn man auch den Unterschied annähme, welchen HIS zwischen den Elementen und Geweben im Allgemeinen aufstellen will, so würde sich die Frage in Betreff der Neuroglia wieder darauf zurückführen lassen, ob die Zellen, welche ihren wesentlichen Theil ausmachen, von dem Archiblasten abzuleiten seien, wie die Nervenzellen (welche man jedenfalls auf den Ektoblasten beziehen müsste, obgleich die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, dass auch die anderen Keimblätter fähig sind, dieselbe Art von Elementen hervorzubringen), oder vom Parablasten abstammen, wie es mit dem eigentlich sogenannten Bindegewebe, den Elementen des Bluts und den Leukocyten der Fall ist. Offenbar würde man dann dem Parablasten fast dieselben Theile zuschreiben, die früher dem Mesoblasten gehörten. In der That nehmen sowohl HIS als WALDEYER an, die parablastischen Elemente wanderten vorzugsweise in den Mesoblasten zu ihrer weiteren Entwickelung ein.

Nachdem ich so in der Kürze die Fragen erörtert habe, welche über das interstitielle Gewebe der Nervencentra nach einander auf dem Gebiete der Wissenschaft erschienen sind, wobei es klar hervortrat, dass bis jetzt die Histologen und Embryologen über keinen von den bestrittenen Hauptpunkten zu voller Uebereinstimmung gelangt sind, scheint es mir, dass ich jetzt mit grösserem Nutzen an die methodische Beschreibung der Neuroglia herantreten kann, wie sie sich in den verschiedenen Provinzen des Nervensystems zeigt, wenn sie mit den besten Untersuchungsmethoden studirt wird und wenn man die Resultate einer Methode durch die von anderen gelieferten controlirt.

Beschreibung des interstitiellen Gewebes der Nervencentra.

Das Bindegewebe[2]) der Centralorgane des Nervensystems (Neuroglia) muss studirt werden:

1) Von dem rein histologischen und morphologischen Gesichtspunkte.
2) Von dem chemischen Gesichtspunkte.
3) Von dem Gesichtspunkte der embryonalen Abstammung.

1) Die histologische Bildung des interstitiellen Gewebes der Nervencentra ist wesentlich dieselbe, nicht nur in allen Provinzen, in welche diese Organe getheilt werden (Grosshirn, Kleinhirn, Rückenmark), sondern auch in den beiden Arten von Substanz, der grauen und weissen, aus denen jede Provinz gebildet ist. Das Grundelement des interstitiellen Gewebes, sowohl in der weissen als in der grauen Substanz, ist immer die strahlige Zelle. Bei Vergleichung der verschiedenen genannten Theile bemerkt man übrigens einige Unterschiede, welche, obgleich sie sich nur auf secundäre Besonderheiten der Gestalt, der Vertheilung und der Beziehungen der fraglichen Zellen beziehen, doch angegeben zu werden verdienen.

---

1) W. WALDEYER, Archiblast und Parablast. Archiv für mikrospk. Anatomie, 1883, Bd. 22.

In Bezug auf die Gruppirung der Elementartheile stimmt WALDEYER im Wesentlichen mit HIS überein, aber über die Beziehungen des Archiblasten zum Parablasten und besonders über den Ursprung des letzteren ist er anderer Meinung. Nach WALDEYER stammen Archiblast und Parablast aus der Eizelle, er leugnet, dass der weisse Dotter wirkliche Zellenelemente hervorbringen könne, er diene nur als Nährstoff für die Segmentationszellen. Der Unterschied zwischen den beiden primitiven Bildungen rühre nur daher, dass der Segmentationsprocess, durch welchen das Protoplasma des Eies sich in eine grosse Zahl von Zellindividuen theilt, nicht gleichzeitig und gleichmässig in der ganzen Masse dieses Protoplasmas vor sich geht. Zunächst unterliegt nur ein Theil des Eiprotoplasmas der Segmentation (primitive Segmentation), woraus sich dasjenige Zellenmaterial bildet, aus welchem sich die drei primitiven Keimblätter entwickeln (Archiblast). Ein Rest von dem Eiprotoplasma oder von den Segmentationszellen bleibt zurück, segmentirt sich später allein (secundäre Segmentation) und liefert das Material für den Parablasten.

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden, hier angedeuteten Ansichten besteht also darin, dass Archiblast und Parablast nach WALDEYER einen gemeinschaftlichen Ursprung in dem Protoplasma und dem Kerne des Eies haben, während nach HIS die beiden von Anfang an aus ganz verschiedenen Elementen abstammen. Die beiden Gruppen von Geweben würden aber auch in ihrer Weiterentwickelung jedenfalls immer grundverschieden bleiben.

2) Ich halte es für passend, zu bemerken, dass das Wort Bindegewebe von mir bisweilen für das interstitielle Gewebe der Nervencentra gebraucht wird, als Synonym von Neuroglia, ohne dass ich jedoch dieses Gewebe dem gewöhnlichen Bindegewebe von mesodermalem oder parablastischem Ursprunge gleich stellen will. Ich erkläre dagegen, dass das Wort Neuroglia, in dem herkömmlichen Sinne gebraucht, noch immer am meisten berechtigt ist, weil es ein Gewebe bezeichnet, welches zwar ein Bindegewebe ist, insofern es Elemente anderer Art unter einander verbindet, und seinerseits zur Vertheilung des Nahrungsstoffes dient, aber sich doch von dem gewöhnlichen Bindegewebe durch morphologische und chemische Eigenschaften, und fast mit Sicherheit, wie ich weiterhin zeigen werde, auch durch den Grundcharakter seines embryonalen Ursprungs unterscheidet.

Das interstitielle Gewebe der weissen Substanz des Rückenmarks. Dies ist der Theil der Nervencentra, wo das Studium der zelligen Elemente der Neuroglia am leichtesten gelingt, und am besten eignen sich dazu die vorderen und seitlichen Stränge. Aber auch hier liefert die Untersuchung der frischen Theile nur geringe Resultate, die kaum einen Schluss erlauben, denn auch die sorgfältigste Zerzupfung liefert nur verstümmelte Elemente. Die gut individualisirten Zellformen, welche sich bei frischen Zupfpräparaten isoliren lassen, sind in der Regel (immer auch mehr oder weniger verstümmelte) Nervenzellen, welche der an die weisse stossenden grauen Substanz angehören. Um brauchbarere Resultate zu liefern, müssen die zu zerzupfenden Stücke einer schwachen Härtung in einer Lösung von Bichromat oder in sehr verdünntem Alkohol unterworfen worden sein. Man kann sich der gewöhnlichen MÜLLER'schen Flüssigkeit bedienen, aber sehr stark verdünnte Lösungen von reinem Bichromat (0,20 –0,30 %) geben viel bessere Resultate. Eine Eintauchung von einigen Stunden genügt bei kleinen Stücken, um eine einfache genügende Härtung hervorzubringen, aber die beste Zeitdauer, um gute Präparate zu erhalten, beträgt 2—3—4 Tage. Es versteht sich von selbst, dass verschiedene Umstände, wie Temperatur der Umgebung, Menge der Flüssigkeit, Zustand der Stücke etc., auf die Resultate Einfluss ausüben, aber wenn man täglich mit Beharrlichkeit die Versuche erneuert, so gelingt es, einen Zeitpunkt passender Härtung und Maceration zu finden, wo eine gröbliche Zerzupfung und das Ausschütteln in ein wenig Wasser genügt, um in grosser Zahl die diesem Gewebe eigenen zierlichen Bindegewebszellen isolirt zu erhalten. Sehr gute Resultate giebt auch die Härtung und Maceration in Alkohol zu einem Drittel nach dem von RANVIER angegebenen Verfahren (Ausschütteln der Bruchstücke des Gewebes in einem Probirgläschen mit wenig Wasser, unter Zugabe zuerst von Pikrokarmin und dann von Osmiumsäure) [1]).

In dem Wassertropfen auf dem Boden des Probirgläschens kann man, wenn die durch das Schütteln entstandenen Bruchstücke sich niedergeschlagen haben, leicht die Zellen der Neuroglia in grosser Menge antreffen, und wenn man von den zerstörten und verstümmelten absieht, wird man folgendes Bild erhalten: Man sieht abgeplattete Zellen in Gestalt dünner Lamellen, von 20—30 μ Durchmesser, mit ebenfalls plattem Kern von 6—10 μ Durchmesser. Der Umriss der dünnen Platte, welche den Zellkörper darstellt, lässt zahlreiche, ziemlich lange Fortsätze austreten mit wenigen sehr zarten Verzweigungen (in den Zupfpräparaten ist es sogar sehr schwer, die Theilungen wahrzunehmen), welche sich leicht nach allen Richtungen umbiegen. Bei ihrem Austritt aus dem Zellkörper erscheinen diese Fortsätze im Allgemeinen abgeplattet; viele bleiben so bis zu einer grossen Entfernung von ihrem Ursprunge, viele andere aber nehmen bald das Aussehen äusserst feiner, glänzender, regelmässiger Fäden an.

Gegen diese Beschreibung der Zellen der Neuroglia, wie man sie isolirt zu sehen pflegt, tritt nun der von RANVIER erhobene Einwurf auf, welcher, wie oben gesagt wurde, behauptet, die Zellen selbst beständen aus einfachen Lamellen ;von unregelmässigem Umriss, welche an den Kreuzungspunkten der Bindegewebsfasern lägen. Diese Fasern seien keineswegs Ausstrahlungen oder Fortsätze der Zellen, sondern durchzögen bloss ihren Körper in gerader Linie, oder daselbst Schlingen bildend, oder auf andere Weise. Die Beschreibungen von DEITERS, JASTROWITZ, BOLL und die meinigen beruhen nach RANVIER einfach auf Täuschung, durch den Durchgang der Fasern durch den Zellkörper hervorgebracht. Mit solcher Schärfe und Sicherheit ausgesprochenen Thatsachen gegenüber glaubte ich die von RANVIER angeführten Beobachtungen wiederholen zu sollen, indem ich genau die von ihm angegebene Präparationsweise befolgte. Ich habe gefunden, dass eine 24-stündige Eintauchung in Alkohol zu einem Drittel, dann das Schütteln der Gewebsstücke (weisse Substanz des Rückenmarks) in Wasser, welches einige Tropfen Pikrokarmin enthielt etc., in der That sehr gut zur Isolirung der Elemente der Neuroglia geeignet ist; aber eben diese Präparate, auch unter den stärksten und besten Vergrösserungen beobachtet, welche wir jetzt besitzen (die Objective $^1/_{12}$—$^1/_{18}$ mit homogener Immersion von ZEISS), haben durchaus nur dazu gedient, die oben beschriebenen Einzelnheiten zu bestätigen. Die Fortsätze erscheinen als directe Ausflüsse der Zellenlamellen, und viele davon behalten ihre abgeplattete Gestalt bis auf bedeutende Entfernung. Ihre Theilungen sieht man allerdings in der Nähe ihres Ursprungs häufiger (und auf solche Fälle bezieht sich die Erklärung von RANVIER, dass es sich um zwei benachbarte Fasern handle, welche von einer Manschette von Zellprotoplasma umgeben sind), aber oft verzweigen

1) RANVIER, De la névroglie (Travaux du Labor. du Coll. de France), Paris 1882.

sie sich auch in grosser Entfernung davon, und in grosser Entfernung setzen sich die Zweige dieser Fortsätze an die Gefässwände an. So entsteht von selbst der Zweifel, dass die Beschreibung von RANVIER nicht eine Täuschung Anderer ans Licht zieht, sondern das Resultat einer falschen Erklärung ist. Diese liesse sich zum Theil durch eine zufällige Umbiegung des Randes der lamellenartigen Zellkörper erklären, wodurch in der That der Anschein entstehen könnte, als ob eine Faser um ihn herumliefe, zum Theil auch durch die Thatsache, dass die Fortsätze nicht beständig in derselben Ebene abgehen, wie man vermuthen könnte, da es sich immer um ganz einfache Zellenlamellen handle. Aber die Fortsätze können in verschiedenen Ebenen von dem Zellkörper entspringen, z. B. an der oberen und unteren Fläche für den Standpunkt des Beobachters. Man begreift also, dass die ersten Stücke von faserigen Fortsätzen, welche dem Zellkörper anliegen, den Eindruck machen können, als seien sie in der Zelle selbst enthalten. Hier bietet sich die Gelegenheit, zu bemerken, dass die Streifen, welche man an von der platten Seite gesehenen Zellen nicht selten den Zellkörper durchziehen sieht, nicht einfache, durch vorüberlaufende Nervenfasern hervorgebrachte Eindrücke (creste d'impronta) darstellen, wie RANVIER meint, sondern sich auf mehr oder weniger deutlich hervortretende secundäre Lamellen beziehen, welche sich aus der Hauptebene erheben und ebenfalls Fortsätze aussenden. Endlich spricht auch die innige, complicirte Verbindung der fraglichen Zellen mit den Gefässwänden entschieden gegen die Behauptungen RANVIER's.

Ausser den Zellen mit zahlreichen Fortsätzen sieht man auch andere von rundlicher oder länglicher Gestalt ohne solche, aber im Verhältniss zu ersteren ist ihre Zahl sehr gering, und man kann vermuthen, dass ihre Zahl noch geringer ist, als es scheint, weil sie in Zerzupfungspräparaten an frischen Stücken und in der ersten Zeit der Maceration in Menge vorkommen, bei fortschreitender Härtung aber die an Fortsätzen reichen Zellen immer mehr überwiegen. Offenbar handelt es sich um verstümmelte Zellkörper.

Die Art der Vertheilung der Bindegewebselemente und ihre Beziehung zu den Nervenfasern lässt sich nur an Schnitten durch die Stränge der weissen Substanz studiren, welche sowohl parallel mit dem Laufe der Fasern, als senkrecht auf denselben geführt werden.

In den mit Karmin gefärbten und sorgfältig in Wasser geschüttelten Schnitten bemerkt man, dass zwischen den etwas divergirenden Fasern die beschriebenen Zellenformen bald hier und da zerstreut, bald in Gruppen oder Reihen von 3—4 und mehr vereinigt liegen, und dass ihre fadenförmigen Fortsätze, zu Bündeln vereinigt, vorzugsweise in der Richtung der Nervenfasern laufen, an welche sie sich anlehnen, und für welche sie, wo die Menge der Zellen bedeutend ist, fast eine fibrilläre Hülle bilden. Eine ziemlich bedeutende Zahl der Fortsätze läuft auch in horizontaler Richtung und schlängelt sich zwischen den Zellen durch. Die platten Zellen sieht man in solchen Schnitten gewöhnlich von vorn, also in ihrer grössten Breite uud sie liegen unmittelbar an dem Umkreis einer Nervenfaser oder eines Faserbündels an, wenn es sich um eine Stelle handelt, wo diese von geringer Dicke sind. Ihre Fortsätze, abgeplattet oder fadenförmig, schmiegen sich oft so genau an die Nervenfasern an und sind grösstentheils so fein, dass man der grössten Aufmerksamkeit bedarf, um sie zu erkennen; oft kann man sich nur durch Verschiebung des Präparats nach verschiedenen Richtungen überzeugen, dass die hie und da zwischen den Nervenfasern zerstreuten Kerne zu Zellenhaufen gehören.

Ganz anders stellt sich das interstitielle Bindegewebsstroma in Querschnitten durch die Stränge der weissen Substanz dar.

Während die Bindegewebszellen in Längsschnitten fast immer von vorn in der ganzen Zierlichkeit ihrer Gestalt erscheinen, sehen wir sie in Querschnitten vorzugsweise von der Seite oder schief, und sie treten also nicht als breite, dünne Lamellen mit deutlichem Umriss, sondern als viel unregelmässigere, verschiedenartige Gestalten auf, bald länglich und fast linear, mit einer Verdickung in der Mitte, wo der Kern liegt, oder sie erscheinen in unregelmässig spindelförmiger, dreieckiger oder strahliger Form. Die von ihnen ausgehenden horizontalen Fortsätze sehen wir nach allen Richtungen ausstrahlen; aber da ihre Ursprungsstellen verschiedenen Höhen der Zelle entsprechen, so ist es viel weniger leicht, ihre Verbindung mit dem Zellkörper genau festzustellen, als wenn man die Zellen von vorn sieht.

Die zahlreichen Fortsätze, welche von den einzelnen Zellkörpern ausstrahlen, schieben sich zwischen die quer durchschnittenen Nervenfasern ein und begleiten oder kreuzen die anderen benachbarten Zellen, ohne jemals mit ihnen zu anastomosiren. Wenn die einzelnen Theile des interstitiellen Stromas nicht durch zu starke Härtung mit einander und mit den Nervenfasern, welche sie umspinnen, künstlich verkittet sind, so

bleiben die einzelnen Bindegewebszellen immer gut individualisirt und deutlich, und man kann auch in den Schnitten ihre charakteristische Form erkennen.

Die regelmässigen Anastomosen, wie sie KOELLIKER, FROMMANN, GOLL, FREY u. A. gezeichnet haben, und GIERKE [1]) sie erst kürzlich wieder bestätigt hat, sind offenbar eine Folge der irrthümlichen Art, den Bau des interstitiellen Stromas zu verstehen, dadurch verursacht, dass nach langer Eintauchung in ziemlich starke Lösungen von Chromsäure, Bichromat oder Alkohol die einzelnen Elemente sich an einander und bisweilen auch an die Hüllen der Nervenfasern kitten, so dass das ganze interstitielle Stroma wirklich das Aussehen eines zusammenhängenden, netzförmigen Gewebes mit regelmässigen Maschen und hier und da in den Knotenpunkten des Netzes verstreuten Kernen annimmt. Die Täuschung wird vollständig, wenn die stark gehärteten Stücke durch Terpentin, Nelkenöl oder Kreosot durchsichtig gemacht worden sind.

Die feinen und feinsten Scheidewände, welche sich zwischen den Faserbündeln und zwischen den einzelnen Fasern befinden, bestehen ebenfalls ausschliesslich aus Zellen mit vielen fadenförmigen Fortsätzen, welche in den Strängen der weissen Substanz nach allen Richtungen ausstrahlen.

Es besteht also kein Unterschied zwischen dem Gewebe der Scheidewände und dem zwischen den einzelnen Fasern liegenden Stroma, oder wenn man vielleicht einen Unterschied auffinden kann, so beschränkt er sich auf grössere oder geringere Zartheit der Elemente, indem die Scheidewände kräftigere Zellen mit gröberen, starreren Fortsätzen aufweisen, während die zwischen den Fasern zerstreuten Elemente zarter sind und feinere, weichere Fortsätze besitzen.

Es ist nicht richtig, dass die Nervenfasern der Stränge der weissen Substanz durch Scheidewände in Bündel erster und zweiter Ordnung getheilt würden. Die Scheidewände sind im verticalen Sinne nicht zusammenhängend, d. h. sie stellen keine Bälkchen dar, welche die Nervenfasern in genau von einander verschiedene Bündel theilen [2]). Mit Ausnahme des hinteren Septums sind es nur Stränge von verschiedener Dicke, welche nach allen Richtungen ausstrahlen und sich fortwährend weiter theilen, indem sie secundäre Bälkchen aussenden, welche oft aus wenigen, reihenweis gestellten Zellen bestehen. Auf diese Weise entsteht ein zusammenhängendes Stroma von interstitiellem Gewebe; an einigen Stellen ist es dichter, an anderen weniger dicht und besteht nur aus einigen hier und da zerstreuten Zellen.

Die ganz von Nervenzellen freie Gewebsschicht, welche der ganzen Peripherie des Rückenmarks, sowie den beiden einander gegenüber liegenden, der vorderen Scissur entsprechenden Flächen aufliegt, unterscheidet sich von dem inneren Stroma nur dadurch, dass es einen gedrängteren Bau zeigt, und dass die Zellkörper im Verhältnisse zu der Masse der Fasern sehr spärlich vorhanden sind. Ausserdem sind auch die Zellfortsätze kräftiger und starrer [3]).

Zur Bildung dieser Schicht trägt eine grosse Zahl von Fortsätzen von Zellen bei, welche mehr oder weniger tief im Marke liegen. Andererseits dringen die Fortsätze der Zellen, welche diese Schicht bilden, ins Innere und tragen zur Bildung des interstitiellen Stromas der weissen Stränge bei.

Die verschiedenen Theile, welche in der weissen Substanz des Rückenmarks von den Anatomen unterschieden werden (vordere, seitliche, hintere Stränge), bieten, was den Bau des interstitiellen Gewebes betrifft, keine Unterschiede, welche besondere Beachtung verdienten; Alles beschränkt sich auch in dieser Hinsicht auf grössere oder geringere Feinheit der Bindegewebselemente und auf das Vorwiegen bald von sehr grossen, platten Zellen mit ebenfalls abgeplatteten Fortsätzen (wie z. B. in den vorderen Strängen), bald von unregelmässig rundlichen oder länglichen Zellen mit fadenförmigen, sehr feinen, glänzenden Fortsätzen.

In Bezug auf das Mengenverhältniss zwischen dem Bindegewebsstroma und den Nervenzellen in den oben genannten Theilen der weissen Substanz bieten die vorderen und seitlichen Stränge, so viel man nach Querschnitten urtheilen kann, keinen auffallenden Unterschied dar; nur in den Theilen der Seitenstränge,

---

1) L. c.

2) Die Abbildungen, welche die Arbeit von UNGER begleiten, zeigen deutlich, dass die von ihm sogenannten linearen Bälkchen, welche er als sich bildende SCHWANN'sche Scheiden betrachtet, nichts anderes sind, als Bündel von Nervenfasern.

3) Der Ausspruch: „es beständen Uebergangsformen zwischen den Bindegewebs- und den Ganglienzellen" bildet eine der zusammenfassenden Folgerungen auch einer anderen, speciellen Arbeit, welche UNGER gemeinschaftlich mit STRICKER über den Bau der Grosshirnrinde veröffentlicht hat. (STRICKER, Untersuchungen über den Bau der Grosshirnrinde. Sitzungsbericht der K. Akad. etc., Juli 1879, S. 137.)

welche an die graue Substanz grenzen, findet sich das Stroma in etwas grösserer Menge. Die hinteren Stränge sind ebenfalls etwas reicher an Bindegewebe, als die seitlichen, und dies gilt vorzüglich von dem medianen Theile der hinteren Stränge des Cervicalmarks, den sogenannten keilförmigen Strängen von GOLL oder Funiculi graciles von BURDACH, welche in Folge davon bei mit Karmin behandelten Präparaten etwas röther erscheinen, als die anderen Theile der weissen Substanz. In der Nähe der den beiden Furchen entsprechenden Septa liegen die platten Zellen der Neuroglia dicht gedrängt, ja sie bilden fast eine zusammenhängende Schicht.

Das interstitielle Gewebe der grauen Substanz des Rückenmarks. In der Mark- oder grauen Substanz bildet das reichliche, zwischen Nervenzellen und -fasern liegende Stroma, im Vergleich mit dem die Nervenfasern der Stränge der weissen Substanz trennenden, nur Unterschiede von geringer Wichtigkeit. Es besteht ausschliesslich aus Zellen, welche, ähnlich denen der weissen Substanz, mit einer unzähligen Menge von sehr langen, äusserst feinen Fortsätzen versehen sind, die sich auf die höchst verwickelte Weise kreuzen, aber nicht anastomosiren, so dass sie ein Netz bildeten.

Wenn etwas über die Form der Bindegewebselemente der grauen Substanz zu bemerken ist, so ist es nur dies, dass sie im Allgemeinen weicher und zarter sind, als die der weissen Substanz, und dass viele von ihnen ausserdem jenes besondere, feinkörnige Aussehen, sowohl in der Zellsubstanz, als in den Fortsätzen zeigen, welches an das Aussehen der feinsten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen erinnert. Aber die äusserste Zartheit und das feinkörnige Aussehen bemerkt man ausschliesslich oder am deutlichsten in den Centraltheilen der Säulen der grauen Substanz und besonders an den Stellen, wo die Nervenzellen eingebettet liegen. In den mehr peripherischen Theilen, wo das Bindegewebsstroma abnimmt und die Nervenfasern zunehmen und man gradweis in die weisse Substanz übergeht, trifft man Zellen an, welche sich in nichts von denen der Stränge der rein weissen Substanz unterscheiden.

Die ungefähr 0,3 mm dicke Gewebszone, welche die hintere, seitliche Oberfläche der Hinterhörner der grauen Substanz halbmondförmig bekleidet, und sich makroskopisch von dem Reste der Medullarsubstanz durch mehr röthliche Farbe und gelatinöses Aussehen unterscheidet, und eben dieses Aussehens wegen gelatinöse Substanz (von ROLANDO) genannt wird, weicht mikroskopisch nur darin von dem Reste der grauen Substanz ab, dass die Zellen der Neuroglia in ihr häufiger sind, dass der Typus der kleinen Nervenzellen in ihr vorwiegt, und dass sie von den Bündeln den feinen Fasern durchzogen wird, welche zu den hinteren Wurzeln verlaufen.

Auch die sogenannte gelatinöse Schicht von STILLING, oder die das Epithel des Centralkanals unmittelbar umgebende Gewebsschicht zeigt keine wesentlichen Unterschiede von dem ganzen übrigen interstitiellen Gewebe des Rückenmarks. An ausgepinselten Schnitten erkennt man darin eine sehr fein fibrilläre Structur, und in Zupfpräparaten oder auch in den Schnitten selbst bemerkt man, dass die hier und da in diesem Gewebe zerstreuten Kerne zu Zellen von dem allgemeinen Typus der Bindegewebselemente des Centralnervensystems gehören, nur zeigen die fadenförmigen Fortsätze, welche in der Bildung des Gewebes vorwiegen, eine auffallende Aehnlichkeit mit elastischen Fasern. Die Zellkörper sind merklich kräftiger, als in anderen Theilen der grauen Substanz, und lassen sich leicht isoliren.

Zur Erhöhung der Complication des Fasergeflechtes dieses Gewebes tragen noch die sehr langen, fadenförmigen Fortsätze der cylindrischen Epithelzellen bei, welche den Centralkanal auskleiden. Diese Fortsätze nehmen in geringer Entfernung von ihrem Ursprunge ganz dasselbe Aussehen an, wie die benachbarten Fortsätze der Zellen der Neuroglia.

Während mit den gewöhnlichen Präparationsmethoden (Maceration und Härtung in Lösungen von Bichromat) die Nachweisung der hier beschriebenen Einzelnheiten in Bezug auf das Bindegewebe des Rückenmarks nicht leicht ist, sondern grosse Aufmerksamkeit und geduldige Beharrlichkeit verlangt, so kann man durch Verbindung der Wirkung des Bichromats mit der des Silbernitrats nicht nur ohne Schwierigkeit Präparate von überraschender Klarheit hinsichtlich der Form, Vertheilung, Menge und Anordnung der Bindegewebselemente erhalten, sondern auch einige andere, kleine Einzelnheiten deutlich machen, welche für die Kenntniss des feineren Baues der nervösen Centralorgane nicht ohne Wichtigkeit sind. So kann neben anderen Besonderheiten die reichliche Verbindung der Bindegewebszellen mit den Gefässwänden durch solche Präparate in weiter Ausdehnung auf das deutlichste nachgewiesen werden.

Diese Verbindung findet bald auf ganz unmittelbare Weise statt, d. h. die Zellkörper liegen unmittelbar an den Gefässwänden an, und diese sind oft auf lange Strecken ihres Laufs von einer dichten Reihe strahliger Zellen umgeben, deren Körper fast einen Theil der Gefässwand auszumachen scheint, bald findet die Verbindung durch Fortsätze statt, welche zum Theil sehr kräftig sind und breiten, lamellenartigen Ausläufern gleichen. Nicht nur die zunächst liegenden Zellen gehen solche Verbindungen ein, sondern auch ziemlich weit von den Gefässen liegende; ziemlich oft theilt sich derselbe Fortsatz nahe an seinem Ursprunge und setzt sich an weit von einander entfernte Punkte desselben Gefässes, oder auch an verschiedene Gefässstämme an. Der Ansatz geschieht in der Regel mit einer Ausbreitung, welche bisweilen von kegelförmiger, wohl begrenzter Gestalt, bald sehr dünn und ohne deutliche Grenze ist, so dass man fast sagen möchte, sie bilde ein perivasculäres Häutchen. An den Capillaren und kleinen Arterien, welche keine bestimmte Adventitia besitzen, scheint der Ansatz direct an der Endothelwand der ersteren und an die dünne Muskelhaut der zweiten zu geschehen. Auch in diesen Fällen scheint aus der Gesammtheit der Ausbreitungen der Ansätze der Zellfortsätze eine zusammenhängende Bekleidung hervorzugehen, welche der Gefässwand unmittelbar aufliegt und eine Art von weiterer Adventitia darstellen könnte.

In der grauen Substanz herrscht durchaus keine Regelmässigkeit in der Anordnung der Elemente; nur dies verdient bemerkt zu werden, dass oft die Körper der Neurogliazellen sich in unmittelbarer Berührung mit den Ganglienzellen befinden, so dass zwischen diesen und dem umliegenden Gewebe im Normalzustande durchaus kein Zwischenraum besteht; wenn man bisweilen etwas Aehnliches antrifft (man denke an die von Obersteiner und Anderen beschriebenen pericellulären Lymphräume), so ist es eine Folge der Schrumpfung der Gewebe, durch die härtenden Flüssigkeiten hervorgebracht.

Dagegen bemerkt man in der weissen Substanz, in Folge der regelmässigeren Anordnung der diesen Theil bildenden Elemente, dass die Neurogliazellen regelmässige Längsreihen von oben nach unten zu bilden streben, im Anschluss an den Verlauf der Nervenfaserbündel. Uebrigens ist es leicht, in solchen Präparaten die vorwiegende Lamellenform der einzelnen Zellkörper zu erkennen und sich zu überzeugen, dass diese Zellen-Lamellen unmittelbar an den Faserbündeln liegen. Die faserigen Fortsätze, welche von diesen Zellen nach allen Richtungen ausstrahlen, verbinden sich theilweise, um die Trabekel zu bilden, welche das eine Bündel vom anderen trennen, sich theilweise zwischen die einzelnen Fasern einschieben, sie umfassen, theilweise parallel mit den Nervenfasern verlaufen, wobei sie sich auf unbestimmte Weise verlieren. Bei der Untersuchung gewisser Präparate erhält man bisweilen den Eindruck, als ob diese Fibrillen einen directen Antheil an der Bildung der besonderen Stützorgane hätten, mit denen die Markfasern des Rückenmarks versehen sind (Fibrillentrichter); aber ob dies wirklich der Fall ist, lässt sich nicht mit Sicherheit behaupten.

Das interstitielle Gewebe der Grosshirnrinde. Die Untersuchung frischer Stücke vermag nicht, eine genaue Vorstellung von dem Bindegewebsstroma dieses Theiles zu liefern; in solchen Präparaten sieht man nur freie Kerne, Producte der Präparation und entstellte, verstümmelte Zellenelemente.

Wenn man nach den früher beschriebenen Methoden (leichte Härtung und Maceration) Zupfpräparate macht, so kann man eine grosse Menge zierlicher Bindegewebszellen isoliren, mit 10—15—30 und mehr dünnen, langen Fortsätzen versehen, welche im frischen Zustande selten verzweigt sind. Die seltenen Verzweigungen derselben finden immer in geringer Entfernung von ihrem Ursprunge statt, und niemals bemerkt man mehr als zwei oder drei secundäre Theilungen. Diese Zellen haben etwas verschiedene Eigenschaften, je nachdem sie der oberflächlichsten Schicht der Rinde der Windungen, oder den tieferen Schichten angehören. Die ersteren sind oft verlängert und sehr unregelmässig. Die Zellsubstanz enthält nicht selten Körnchen von gelbem Pigment, der Kern hat oft eine ovale, sehr verlängerte Gestalt, und die kräftigen, starren, etwas glänzenden Fortsätze zeigen einige Aehnlichkeit mit elastischen Fasern. Hier erhält man nicht selten Zellformen mit ungeheuer langen Fortsätzen (4—500 μ und mehr). Die Zellen der tiefen Schichten sind vorwiegend rundlich und ziemlich regelmässig mit runden Kernen, ziemlich spärlicher, weicher, feinkörniger Zellsubstanz. Die sehr feinen, weichen Fortsätze zeigen ebenfalls ein feinkörniges Aussehen, welches an das der letzten Verzweigungen der sogenannten Protoplasmafortsätze der Nervenzellen erinnert.

Die verschiedene Leichtigkeit, mit welcher es gelingt, die Neurogliazellen der Oberfläche und die der tiefen Schichten zu isoliren, hängt von der verschiedenen Zähigkeit derselben ab. An der Oberfläche, wo,

wie wir sahen, die Zellen sehr kräftig sind, braucht man nur mit einem Bisturi die freie Oberfläche der Windung zu schaben und das Weggenommene gröblich zu zerzupfen, um die Zellen in grosser Menge anzutreffen, besonders in den Gehirnen alter Leute. In den tiefen Schichten dagegen, wo die Zellen weich und zart sind, erreicht man die Isolirung nur durch die grösste Sorgfalt, und besonders nur dann, wenn die Hirnstücke vollkommen frisch in schwach härtende und macerirende Flüssigkeiten eingelegt worden sind.

Zur weiteren Untersuchung des Baues und der Anordnung des Neurogliastromas im Grosshirn (genauere Bestimmung der Vertheilung der Bindegewebszellen und ihrer Beziehungen zu den nervösen Elementen) gewähren dieselben schwachen Lösungen von doppeltchromsaurem Kali (0,25—0,50 prc.), welche man für Zerzupfungspräparate anzuwenden pflegt, unerwartete Hülfe. Während man mit den gewöhnlichen, härtenden Lösungen erst nach 20—30-tägiger Eintauchung gute Schnitte erhalten kann, geben sehr verdünnte Lösungen schon nach 4-, 3-, 2- und selbst 1-tägiger Eintauchung den Stücken eine besondere Festigkeit, um feine Schnitte führen zu können, welche, mit neutralen Karmin oder Pikrokarmim getränkt, die feinsten Einzelnheiten erkennen lassen. Es ist zweckmässig, die fertigen Schnitte, vor oder nach der Karmin-Imbibition, in einem Probirgläschen mit ein wenig Wasser oder einer Mischung von Wasser und Glycerin zu schütteln.

In solchen Schnitten sieht man überall den durch Zerzupfung erhaltenen gleiche Zellen, also sehr reich an Fortsätzen, ja fast vollständig von solchen umgeben. An den Rändern der Schnitte und an den dünnsten Stellen zeigt sich das interstitielle Stroma auch in den tiefsten Schichten der Rinde als deutlich fibrillär (nicht netzförmig in dem Sinne von SCHULTZE und KOELLIKER). Damit will ich nicht die Existenz auch einer amorphen, feinkörnigen Intercellularsubstanz leugnen; aber ich halte es für zweifellos gewiss, dass zum grossen Theile die sogenannte feinkörnige, oder netzförmige, oder moleculäre, oder punktförmige, oder schwammige, oder amorphe, oder gelatinöse Substanz, wie sie von den verschiedenen Beobachtern genannt worden ist, das Aussehen, welches ihr diese verschiedenen Benennungen verschafft hat, durch Zersetzungen in der Leiche oder durch die angewendeten Reagentien erhalten hat.

Dies alles trägt dazu bei, zu beweisen, dass das interstitielle Stroma der Hirnrinde wesentlich aus Neurogliazellen und ihren Fortsätzen besteht, und dass die feinkörnige Substanz bei den gewöhnlichen Präparationsmethoden in viel grösserer Menge auftritt, als im normalen Zustande. Dies geschieht durch eine Art von Zerfall der Fasern und betrifft nicht nur die Fortsätze der Neurogliazellen, sondern auch die feinsten Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der Nervenzellen.

Das interstitielle Gewebe der weissen Substanz des Grosshirns. Es entspricht im Wesentlichen dem der weissen Substanz des Rückenmarks.

Von den Neurogliazellen der weissen Substanz des Rückenmarkes unterscheiden sich die der Medullarsubstanz des Grosshirns nur durch ihre viel grössere Feinheit. Es ist daher begreiflich, dass es sehr schwer ist, sie durch die Isolationsmethoden deutlich und unversehrt zum Vorschein zu bringen, und dass man nur verstümmelte Formen, aus Kern und undeutlicher Zellsubstanz bestehend, erhält. Durch die in schwacher Bichromatlösung 1—3 Tage lang gehärteten Stücke geführte Schnitte, welche dann in Karmin gefärbt und in Wasser ausgeschüttelt worden sind, bieten auch hier die besten Resultate beim Studium isolirter Zellen. An den dünnsten Stellen der Schnitte, besonders an ihren Rändern, beobachet man zwischen den auseinanderweichenden Nervenfasern, dass die Neurogliazellen bald unregelmässig hier und da zerstreut, bald in Gruppen zu 2, 3, 4 vereinigt sind, und dass ihre fadenförmigen Fortsätze, von dem ganzen Umfange des Zellkörpers ausgehend, nach allen Richtungen hin verlaufen, so dass einige sich mit den Nervenfasern kreuzen, andere sich ihnen der Länge nach anschmiegen, als wollten sie ihnen eine schützende Hülle liefern.

Sowohl in der weissen, als in der grauen Substanz des Grosshirns muss man, ebenso, wie bei den entsprechenden Theilen des Rückenmarks, zur klaren Darlegung der kleinsten Besonderheiten der Form, der Beziehungen, der Vertheilung u. s. w. der Bindegewebselemente zu der combinirten Anwendung des Bichromats und des salpetersauren Silbers greifen. An den so erhaltenen Präparaten bemerkt man auf den ersten Blick:

1) die Existenz einer beständigen, nur aus Neuroglia-Elementen bestehenden Schicht an der Oberfläche der Windungen. Diese Schicht ist sehr dick in der Höhe der Windung, dagegen dünn an den Seitenflächen zwischen zwei Windungen, wo sie bisweilen aus einer einzigen Zellenreihe besteht. Die Fortsätze dieser Zellen verlaufen zum Theil horizontal und bilden ein complicirtes Netz, welches die Oberfläche begrenzt,

zum Theil dringen sie senkrecht in das Rindengewebe ein und bringen ein System von strahligen Fasern hervor, welches an das viel deutlichere und regelmässigere der Kleinhirnwindungen erinnert;

2) dass die letzten nach der Peripherie gerichteten Zertheilungen der Protoplasmafortsätze der pyramidalen Nervenzellen sich in dieser Schicht verlieren, wo sie sich mit den Neurogliazellen in Verbindung setzen;

3) dass die Neurogliazellen zahlreiche Verbindungen mit den Gefässwänden durch zum Theil sehr breite, zum Theil fadenförmige Fortsätze eingehen. Auch hier sieht man oft die Blutgefässe grosse Strecken weit durch zusammenhängende Reihen von Neurogliazellen umgeben, welche den Gefässwänden unmittelbar anliegen und von da aus ihre Fortsätze nach allen Richtungen aussenden; viele von diesen setzen sich an andere Gefässe an.

Das interstitielle Gewebe des Kleinhirns. Obgleich in Bezug auf das Neurogliastroma die drei Schichten, welche man in den Windungen des Kleinhirns zu unterscheiden pflegt, nicht nur Aehnlichkeiten mit einander, sondern auch mit den anderen Theilen des Centralnervensystems darbieten, so ist es doch, wegen einiger Besonderheiten, die man daran wahrnehmen kann, nicht ohne Interesse, einer jeden eine kurze Beschreibung zu widmen.

Die oberflächliche Schicht. Die oberflächliche, eigentlich sogenannte graue oder moleculäre Schicht wird, wie weiterhin gesagt werden wird, von sehr zahlreichen Bindegewebsfasern durchzogen, welche senkrecht von der Oberfläche nach der Körnerschicht laufen (den sogenannten strahligen Fasern), dagegen besitzt sie sehr wenige, fast gar keine zelligen Elemente, welche der Neuroglia angehören. Die sehr grosse Mehrzahl der Kerne, welche in ihrer Dicke zerstreut liegen, gehört zu kleinen Nervenzellen, welche, wie ich gezeigt habe, einen Theil von ihr ausmachen. Der Beweis dafür kann mit der grössten Strenge durch die Schwarzfärbung geführt werden, mittelst welcher die nervöse Natur der kleinen Elemente offenbar wird, nicht nur wegen ihres besonderen Aussehens und wegen der Verzweigungsweise ihrer Fortsätze, sondern auch wegen des Vorhandenseins des einzigen, charakteristischen nervösen Fortsatzes.

Uebrigens fehlen in der Dicke der Schicht die Neurogliazellen nicht ganz; man findet ihrer einige, gewöhnlich in der Nähe der Blutgefässe. Sie sind ziemlich klein, von länglicher Gestalt; ihre fadenförmigen Fortsätze gehen von den beiden entgegengesetzten Polen aus und wenden sich vorwiegend nach den beiden Grenzen der Schicht, der peripherischen und der tiefen.

Während die Zahl der Bindegewebszellen in der Dicke der Molecularschicht gering ist, finden sich dagegen die Elemente dieser Art reichlich an ihrer Peripherie (der freien Oberfläche der Windungen) und noch häufiger an der tiefen Grenze gegen die Körnerschicht.

An der freien Oberfläche liegt eine zusammenhängende Schicht von abgeplatteten Bindegewebszellen, mit zahlreichen fadenförmigen, homogenen Fortsätzen versehen, welche zum Theil horizontal verlaufen, zum Theil senkrecht in die Dicke der Schicht eindringen und an der Bildung der sogenannten strahligen Fasern Theil nehmen, von welchen die Molecularschicht in ihrer ganzen Breite durchzogen wird. In Verticalschnitten der Windungen entsteht oft durch den Zusammenhang der dünnen Zellkörper, welche platt an ihrer freien Oberfläche liegen, und durch die horizontalen Fortsätze eine scharfe Grenzlinie, welche als der Ausdruck des Verticalschnittes durch eine dünne Haut ausgelegt worden ist, welche der peripherischen Grenze der Molecularschicht aufliege. Dieses angebliche Häutchen wollte man mit der hyaloiden Grenzmembran der Retina vergleichen, und um die Aehnlichkeit noch mehr hervorzuheben, nannte man es die Grenzmembran der Kleinhirnwindungen. Da über diese angebliche Membran, über ihre Bedeutung und ihre Beziehungen weitläufige Discussionen stattgefunden haben, so werde ich diesen Gegenstand weiterhin näher berühren. Für jetzt beschränke ich mich darauf, festzustellen, dass ihre zellige Beschaffenheit leicht nachzuweisen ist, nicht nur durch die Reaction mit Bichromat und Silbernitrat, sondern auch mit den gewöhnlichen Methoden, durch Zerzupfung und Karmin-Imbibition.

Ich sagte, die Neurogliazellen seien an der tiefen Grenze der Molecularschicht besonders zahlreich. Sie finden sich hier in der That in ausserordentlicher Menge, sind auch bisweilen in mehrere Reihen angeordnet, wie die Zellen von PURKINJE; in Präparaten, an denen die Reaction mit Silbernitrat gut gelungen ist, werden sie durch den dichten Zaun der Filamente fast verborgen.

Diese letzteren dringen vorwiegend in die Molecularschicht ein, und es ist nicht schwer, viele davon durch die ganze Dicke derselben bis an ihre feine Oberfläche zu verfolgen, wo sie sich zum Theil an die Wände der dort verlaufenden Gefässe, zum Theil an die Pia ansetzen. Die Zellfortsätze, an welchen sich der beschriebene Verlauf feststellen lässt, werden charakterisirt durch kräftigen Bau, ein gewisses Aussehen von Starrheit und durch Gabelungen (mit dem spitzen Winkel nach der Peripherie), welche sie von Stelle zu Stelle zeigen.

Was das reiche System von Neurogliafasern betrifft, welche radial und unter einander parallel die ganze Molecularschicht durchziehen, so dass sie ihr ein gestreiftes Ansehen verleihen, so kann man nach dem Vorhergehenden ohne weiteres behaupten, dass sie besteht: 1) aus den fadenförmigen Fortsätzen der lamellenartigen Zellen, welche platt auf der freien Oberfläche jeder Windung aufliegen; 2) aus den peripherisch gerichteten Fortsätzen derjenigen Neurogliazellen, welche in der Uebergangszone der Molecularschicht zu der Körnerschicht liegen. Da diese Fortsätze die ganze Dicke der Molecularschicht durchziehen, so folgt daraus, dass durch ihre Vermittelung eine innige Beziehung zwischen der Körnerschicht und den die Oberfläche der Windungen begrenzenden Theilen stattfindet. 3) Man kann nicht ausschliessen, dass zur Bildung der strahligen Fasern, wenn auch in sehr geringem Maasse, auch die Fortsätze der wenigen Bindegewebszellen beitragen, welche in der Dicke der Molecularschicht liegen.

Die angebliche Grenz- oder Basalmembran der freien Oberfläche der Kleinhirnwindungen. Es scheint mir zweckmässig, über die sogenannte Grenzmembran einige etwas mehr ins Einzelne gehende Bemerkungen zu machen, als schon geschehen ist, weil es sich um Einzelnheiten handelt, welche viele Discussionen und verschiedene Deutungen veranlasst haben.

Die erste Angabe über das Dasein einer Grenzmembran wurde von Bergmann gemacht. Er bemerkte zuerst am Kleinhirn der Katze, dann an dem des Hundes und an einem atrophischen, menschlichen Kleinhirn, dass sich in dem äussersten Theile der grauen Schicht zahlreiche, den strahligen Fasern der Retina ähnliche Fasern befinden, welche in senkrechter Richtung zu der Oberfläche der Windungen die moleculare Schicht und eine helle Schicht durchziehen, welche zwischen dieser und der Pia mater liegt.

Nach seiner Beschreibung schwellen diese Fasern, ehe sie die Pia mater erreichen, kegelförmig an und bilden mit ihren geschwollenen Enden eine Membran, welche an die innere Grenzmembran der Retina erinnert. Hess bestätigte später das Dasein der Bergmann'schen Fasern, konnte sich aber nicht von dem Vorhandensein der Membran überzeugen. Schultze versicherte in einer im Jahre 1863 publicirten Arbeit über den Bau der Kleinhirnrinde, das Vorhandensein sowohl der strahligen Fasern, als das der Membran bestätigt zu haben, und glaubte mit Bergmann, sie werde durch Verschmelzung der verdickten Enden der strahligen Fasern gebildet, welche sich an sie ansetzen. Sowohl Bergmann, als Hess und Schultze betrachteten die Grenzmembran als die innerste Schicht der Pia mater.

Auch Henle und Merkel nahmen eine Bekleidungsmembran der Kleinhirnwindungen an, leugneten aber, dass man sie als die innerste Schicht der Pia betrachten könne, und erklärten diese Ansicht für eine dadurch hervorgebrachte Täuschung, dass in den Schnitten die Grenzmembranen, welche die einander gegenüberliegenden Oberflächen zweier Windungen überziehen, verschrumpft und an die Bindegewebsbündel angelehnt erscheinen, welche in den secundären Einschnitten der Kleinhirn-Hemisphären allein die Pia vertreten. Nach Henle und Merkel hätte diese Membran eher eine ähnliche Structur, wie die sogenannten Basal- oder glasigen Membranen, wie z. B. die der Harnkanälchen. Sie hielten es daher für sehr wahrscheinlich, dass die conischen Fasern, welche in bestimmten Zwischenräumen von der Basalmembran ausgehen, um in das Kleinhirn einzudringen, aus einer Vereinigung von feinsten Fäserchen entstehen. Henle und Merkel wendeten dann ihre Aufmerksamkeit auch dem hellen Raume zu, den schon Bergmann und Schultze erwähnt hatten, und der sich zwischen der Oberfläche der Rindensubstanz und der fraglichen Membran befinden sollte, und wollen in ihm zwischen den ihn durchsetzenden Fasern zahlreiche Lymphkörperchen gefunden haben. Daher meinen sie, diese Räume seien Lymphräume und zahlreiche perivasculäre Kanäle mündeten direct in dieselben ein.

Auch Obersteiner nahm das Dasein der Grenzmembran ähnlich der der Retina an, und ebenso das eines Lymphraums zwischen ihr und der Kleinhirnrinde, aber gegen Henle und Merkel behauptet er, die fragliche Membran bilde einen Theil der Pia mater und nicht des Kleinhirns.

Endlich trägt HENLE in der letzten Ausgabe seines anatomischen Lehrbuchs über diesen Gegenstand ungefähr dasselbe wieder vor, was er in der mit MERKEL gelieferten Arbeit geschrieben hat. Er erklärt, die Grenzmembran liege nicht unmittelbar dem Kleinhirn an, sondern werde von der feinkörnigen Schicht durch einen Zwischenraum von 6—10 μ Breite getrennt, welcher sich als Lymphraum ausweise, weil er mit den perivasculären Lymphräumen communicire. Dieser Raum sei bald ganz leer, bald ganz mit Lymphkörperchen angefüllt. Die Grenzmembran stehe also mit dem Kleinhirn durch zugespitzte Fortsätze in Verbindung, welche, nach Art der strahligen Fasern der Retina, mit breiter Basis und in kurzen, regelmässigen Zwischenräumen von der Grenzmembran ausgehend, in senkrechter Richtung zur Oberfläche und parallel unter einander in die Rindenschicht eindrängen.

Wie ich schon Gelegenheit hatte, zu bemerken, so beruht die Beschreibung der fraglichen Membran auf einer Besonderheit, welche man an der Oberfläche der Molecularschicht wahrnehmen kann, aber diese Besonderheit muss anders ausgelegt werden.

Wenn wir einen Schnitt durch eine Kleinhirnwindung untersuchen, welcher so geführt worden ist, dass in ihm auch die oberflächlichsten Schichten mit Einschluss der nicht verschobenen Pia mater enthalten sind, so bemerken wir, dass das eigene Gewebe der Windung durch eine scharfe glänzende Linie begrenzt wird, hier gerade, dort wellenförmig verlaufend, in welcher Kerne liegen, die nicht selten gegen den inneren Rand vorspringen. Diese Linie sieht in der That beim ersten Anblick wie der Verticalschnitt einer Membran aus, welche der Oberfläche der Hirnrinde aufliegt; aber wenn man an einem Schnitte von mittlerer Feinheit mit der Spitze einer Nadel diese Schicht von dem Kleinhirnparenchym entfernt, so entdeckt man, dass nicht ein einfacher Gewebsstreifen vorhanden ist, wie es sein müsste, wenn es sich um den Durchschnitt durch eine Membran handelte, sondern dass viele dicht gedrängte, lange, glänzende, nicht mit einander verkittete oder verschmolzene, sondern getrennte Fasern vorliegen, welche sich freiwillig von einander trennen. Wenn wir den Lauf dieser Fasern verfolgen, so können wir bemerken, dass sie zu Zellen von vorwiegend lamellenartig abgeplatteter Gestalt mit sehr deutlichem, blasenförmigem Kern gehören. In diesen Zellen erkennt man sogleich den allgemeinen Typus der Neurogliazellen des Centralnervensystems, mit dem Unterschiede, dass diese, ähnlich denen der oberflächlichen Schicht des Grosshirns, sehr kräftig und grob gebaut sind, dicke, steife Fortsätze haben und ihr Körper bei der grossen Mehrzahl lamellenartig gebildet ist. Ausserdem enthalten sie fast immer, besonders bei Erwachsenen, Pigmentkörnchen.

Wenn man zu den hier beschriebenen Thatsachen noch die Resultate fügt, welche man durch die Reaction mit Bichromat und Silbernitrat erhalten kann, so darf man ohne weiteres behaupten, es sei nicht möglich, einen klareren, vollständigeren Beweis zu führen, dass diese Grenzmembran nichts anderes ist, als eine ganz oberflächliche Schicht von leicht erkennbaren Neurogliazellen, welche der grauen Substanz aufliegt, von welcher sie histologisch, genetisch und morphologisch einen Theil ausmacht. Diese einfache Schicht entspricht der ebenfalls aus reinem Bindegewebe bestehenden, welche auf der Peripherie der Grosshirnrinde liegt, mit dem Unterschiede jedoch, dass letztere gewöhnlich eine bedeutende Dicke besitzt, während die erstere sehr dünn und auf eine einzige Reihe dünner Zellen beschränkt ist, welche platt auf der freien Oberfläche der Molecularschicht aufliegen. Im Vergleich mit dem Grosshirne zeigt das Kleinhirn von diesem Gesichtspunkte aus noch einen anderen Unterschied, nämlich darin, dass die Zellfortsätze unserer Schicht vorwiegend senkrecht in die graue Schicht eindringen und sie in regelmässigem Laufe durchziehen, so dass das bekannte Aussehen von radialer Streifung entsteht, während im Grosshirn die Zellausläufer vorwiegend horizontal verlaufen, und die in die Rinde eindringenden für ihre Richtung keine bestimmten Gesetze befolgen.

Was die angeblich zwischen dem Kleinhirnparenchym und der sogenannten Grenzmembran bestehenden Räume betrifft, welche HENLE und MERKEL, sowie OBERSTEINER für lymphatisch erklärt haben, so sind sie offenbar nichts anderes, als durch die Härtungsflüssigkeiten verursachte Zusammenziehungen des Kleinhirngewebes. Bei Härtungsmethoden, welche keine Schrumpfung zur Folge haben, sieht man von solchen Räumen keine Spur. Wie HENLE und MERKEL diese Räume als mit Lymphkörperchen gefüllt haben beschreiben können, ist unerklärlich, denn diese Schilderung ist nicht der Wahrheit gemäss.

Wenn es noch eines Beweises bedürfte, dass zwischen dem Kleinhirnparenchym und der sogenannten Deckmembran keine Lymphräume vorhanden sind, so könnte er durch Injection der Lymphwege des Klein-

hirns und der entsprechenden Pia geliefert werden. Wenn man eine farbige Flüssigkeit in die Subarachnoidalräume einspritzt, so füllen sich zuerst die Lymphgefässe der Pia meninx, welche bekanntlich zum Theil die Blutgefässe begleiten, zum Theil unabhängig verlaufen. Dann geht die Farbeflüssigkeit in das Kleinhirnparenchym über, indem sie den Gefässen folgt, welche aus den Pia in jenes Parenchym eindringen, und bleibt immer innerhalb der perivasculären Lymphscheide. Bei dem Eindringen in das Parenchym kommt also die injicirte Flüssigkeit nicht in unmittelbare Berührung mit dem nervösen Gewebe, sondern fliesst in den zwischen der Lymphscheide und der Gefässwandung begriffenen Räumen (den echten perivasculären Lymphräumen). Die angeblichen, fraglichen Räume werden niemals injicirt.

Die zweite oder Körnerschicht. Hier ist das Neurogliastroma reichlich vertreten und besteht aus Zellen von der gewöhnlichen, strahligen Form. Ihre Fortsätze verzweigen sich fast nur in der Nähe des Zellkörpers, aus dem sie entspringen, und laufen nach allen Richtungen, ein complicirtes Geflecht bildend, welches das Stützgewebe für die nervösen Elemente darstellt (die sogenannten Körnchen, die grösseren, zerstreuten Ganglienzellen und die Fasern). Auch in der Körnerschicht, wie in allen Theilen des Centralnervensystems sind die Neurogliazellen in grösserer Menge längs dem Verlaufe der Blutgefässe vertheilt und liegen oft deren Wänden unmittelbar an; auch wenn sie von den Gefässen entfernt sind, verbinden sie sich mit ihnen durch kräftige Fortsätze.

Was die am Bindegewebe dieser Schicht zu bemerkenden Besonderheiten betrifft, so ist hier von neuem zu erwähnen, dass die Zellen der Neuroglia sich in bedeutend grösserer Menge in der Uebergangszone zu der Molecularschicht, also in der Umgebung der Zellen von Purkinje vorfinden. In dieser Zone treten auch diese Elemente durch ihre grössere Stärke und dadurch noch mehr hervor, dass die meist kräftigen, starren Fortsätze, welche von ihnen ausgehen, der grossen Mehrheit nach gegen die Molecularschicht verlaufen; jede Zelle sendet wahre Bündel solcher Fortsätze aus. Diese verzweigen sich dichotomisch, den spitzen Winkel nach der Peripherie gewendet, um sich zum Theil in der Molecularschicht zu verlieren; viele setzen sich an die Wände der hier verlaufenden Gefässe an; andere durchziehen die ganze Breite der Schicht bis an ihre äusserste Grenze, wo sie sich an die Gefässwände oder an die innere Fläche der Pia anheften, oder sich zurückbiegen, um sich mit der dünnen Bindegewebs-Grenzschicht zu vereinigen, welche daselbst vorhanden ist (s. Taf. 16).

Die dritte oder Medullarschicht. In der Medullarschicht jeder Windung (den Markstrahlen) und in den centralen Schichten der weissen Substanz, von welcher die Markstrahlen ausgehen, sind die Neurogliaelemente ziemlich reichlich vorhanden, und mit der Reaction von Bichromat und Silbernitrat ist es leicht, sie nachzuweisen. Wie in der weissen Substanz des Rückenmarks und Grosshirns wiegen die platten Zellenformen vor und liegen an den nervösen Faserbündeln an. Von den vom ganzen Umfange dieser Zellplatten ausgehenden Fortsätzen setzen sich einige an die Gefässwände an, andere verlieren sich auf unbestimmte Weise längs dem Verlaufe der Nervenfasern. Die Ansätze an die Gefässwände geschehen durch Zellenausläufer, welche bisweilen ebenso breit sind, wie der Durchmesser der Capillaren. Endlich beobachtet man in der Anordnung der Zellen im Allgemeinen eine gewisse Regelmässigkeit, indem die Zellkörper in Reihen gestellt sind, welche dem Laufe der Nervenfasern entsprechen. Natürlich findet sich diese regelmässige Anordnung nicht an Stellen, wo die nervösen Fasern ihre Richtung ändern.

Nachdem wir am Ende dieser analytischen, rein histologischen Untersuchung über das interstitielle Gewebe der verschiedenen Theile des Centralnervensystems angelangt sind, tritt uns wieder die schon in den ersten Zeilen dieser Darstellung aufgeworfene Frage entgegen, welches der Bau der zwischen den nervösen Elementen (Zellen und Fasern des Gross- und Kleinhirns und des Rückenmarks) liegenden Substanz sei; welches die Elementartheile seien, welche zur Bildung dieser Substanz beitragen; ob neben den Neurogliazellen und den von ihnen ausgehenden Faserbündeln noch eine freie Zwischensubstanz vorhanden sei, von körniger oder amorpher Beschaffenheit, wie noch von der grossen Mehrheit der Histologen angenommen wird. Mit anderen Worten: ob die mit den gewöhnlichen Präparationsmethoden körnig (netzförmig nach Schultze und Koelliker) erscheinende Substanz wirklich so beschaffen ist, oder durch Veränderung in der Leiche oder durch die Reagentien nur so erscheint.

Wenn wir die grosse Menge von Ganglienzellen in Betracht ziehen, welche mit dem Reichthum ihrer fadenförmigen Fortsätze ein fest zusammenhängendes Gewebe bilden und zugleich die überraschende Masse der Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze der Ganglienzellen bedenken (sowohl was die Menge der Neurogliazellen, als den Reichthum der Verzweigungen der Ganglienzellen betrifft, beachte man die Methode der Schwarzfärbung), so können wir uns in Bezug auf diese Frage für berechtigt halten, folgende Schlüsse zu ziehen:

1) Das interstitielle Gewebe besteht in allen Theilen des Centralnervensystems aus strahligen Neurogliazellen und ihren Fortsätzen. Aus dem Ganzen der Fortsätze entsteht wohl ein dichtes Geflecht, aber kein Netz in dem Sinne von SCHULTZE und KOELLIKER. Eine andere interstitielle Substanz in strengem Sinne des Worts, ausser den Zellen und ihrem Zubehör, glauben wir ausschliessen zu können; höchstens könnte sie in minimaler Menge vorhanden sein.

2) An der Bildung der Substanz, welche in den mit den gewöhnlichen Mitteln angefertigten Präparaten als körniges, interstitielles Gewebe auftritt, nehmen nicht nur die Bindegewebselemente, sondern auch die feinen Verzweigungen der Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen und das Geflecht von nervösen Primitivfibrillen Theil. Wie man sieht, handelt es sich darum, den Anschein zu erklären, und man muss verschiedene Data in Betracht ziehen.

3) Folglich besitzt die Substanz, welche wir zwischen den Nervenzellen und -fasern liegen sehen, nicht den regelmässigen, netzförmigen Bau, welchen SCHULTZE, KOELLIKER, FROMMANN, FREY u. A. beschrieben haben und GIERKE neuerlich bestätigt hat, sondern besteht aus einem sehr complicirten, dichten Geflecht, welches natürlicher Weise durch das Zusammentreffen so vieler zu verschiedenen Arten von Elementen gehöriger Theile auf demselben Gebiete zu Stande kommen muss.

An der Bildung dieses Netzes nehmen Theil:

a) die von den Neurogliazellen abstammenden Faserbündel (Zellfortsätze);

b) die feinen Unterabtheilungen der Protoplasmafortsätze der Ganglienzellen;

c) die nervösen Fibrillen, welche von den Unterabtheilungen der Fasern, welche aus der Medullarsubstanz in die graue Substanz eindringen und von den sehr feinen Verzweigungen der von dem nervösen Fortsatze der Ganglienzellen ausgehenden Filamente herkommen.

4) Das feinkörnige oder faserig-körnige Aussehen, welches wir in der That an gewöhnlichen Präparaten wahrnehmen, muss zum Theil Alterationen aus verschiedenen Gründen (Misshandlung bei der Zubereitung, Wirkung der Reagentien, Veränderungen in der Leiche), zum Theil der Unmöglichkeit zugeschrieben werden, in der wir uns befinden, in der engen Mischung von so viel verschiedenen Theilen mit unseren Beobachtungsmitteln die einen von den anderen unterscheiden zu können.

Was die weisse Substanz im Besonderen betrifft, so liegt hier die Frage viel einfacher, und man kann ohne weiteres sagen, dass zwischen den einzelnen Fasern und Faserbündeln keine andere Zwischensubstanz existirt, als die Bindegewebszellen und die von ihnen ausgehenden Faserbündel.

Zu Gunsten des Vorhandenseins einer amorphen oder feinkörnigen Substanz, besonders in der weissen Substanz des Rückenmarks, ist von mehreren Histologen der Grund angeführt worden, in Zupfpräparaten der reinen Marksubstanz finde man nicht selten Flocken von körniger oder faserig-körniger Substanz, deren Gegenwart sich schwerlich erklären liesse, ohne die Existenz einer freien, körnigen oder amorphen Zwischensubstanz anzunehmen.

Diese Beobachtung konnte einigen Werth haben, als man annahm, die Fortsätze der Nervenzellen seien auf die Grenzen der grauen Substanz beschränkt, ist aber jetzt bedeutungslos, nachdem durch meine Untersuchungen bewiesen ist, dass von den Grenzen der grauen Substanz aus nach allen Seiten und in grossem Maassstabe ein Eindringen der Verzweigungen der Protoplasmafortsätze in die weisse Substanz stattfindet, worin sie sich verlieren, indem eine grosse Zahl von ihnen (im Rückenmark) bis in die oberflächlichsten Schichten derselben vordringt.

Die Zersetzung der weichen Abkömmlinge dieser Fortsätze liefert eine genügende Erklärung des fraglichen Befundes, ohne dass man zur Existenz einer freien, körnigen Zwischensubstanz seine Zuflucht zu nehmen brauchte.

II. Was die chemischen Unterscheidungsmittel betrifft, mit deren Hülfe ebenfalls, wie wir oben sagten, die Neuroglia untersucht werden muss, so muss ich mich wesentlich auf die bekannten Untersuchungen von EWALD und KÜHNE beziehen, welche zu dem wichtigen Schlusse geführt haben, dass nicht nur in den peripherischen Nerven, sondern auch in den Centralorganen des Nervensystems, und ebensowohl in der weissen, als in der grauen Substanz ein Stoff sehr verbreitet ist, welcher die charakteristischen Reactionen der hornigen Gewebe liefert (das sogenannte Neurokeratin). Wir wissen, dass dieser Stoff von den genannten Beobachtern dem Gliagewebe zugeschrieben wurde; und es ist auch bekannt, dass sie ihr Urtheil auf folgende Weise zusammengefasst haben, wobei sie vielleicht ein wenig weiter gingen, als die Stütze der bloss chemischen Thatsachen erlaubte: »Das, was als Bindegewebe der grauen Substanz betrachtet wird, ist zum grossen Theil kein leimgebendes, und besonders kein Bindegewebe; sondern es ist epithelialer Natur und stammt, ebenso wie die Nerven, aus dem Hornblatte her.«

In Bezug auf diesen Schluss kann ich nicht umhin, auf seinen etwas willkürlichen Charakter aufmerksam zu machen, denn ein Theil der in ihm enthaltenen Deduction folgt nicht aus der chemischen Prämisse. Gewiss ist das Problem über die Art und Weise, wie in den Nervencentren das Neurokeratin morphologisch vertreten ist, viel complicirter, als jener bündige Schluss vermuthen lässt. So haben wir z. B. kein Recht, zu leugnen, dass das Neurokeratin zum Theil auch an die Nervenzellen gebunden sei, ja einige Erscheinungen könnten uns veranlassen, es anzunehmen; auch bestehen, wie ich weiterhin zeigen werde, hinreichend genaue Angaben, um annehmen zu können, dass das Epithelialgewebe in strengem Sinne (Epithel des Centralkanals) an dem Stützstroma der nervösen Organe bedeutenden, unmittelbaren Antheil hat. Wahrscheinlich wird die Beantwortung einiger auf diesem Gebiete vorliegenden Fragen nur durch Hülfe fernerer, genauerer histochemischer und embryologischer Untersuchungen ermöglicht werden können.

III. In der Ueberzeugung, dass in der Embryogenesis der nervösen Centralorgane noch der Schlüssel zur Lösung vieler Fragen verborgen liegt, welche im Laufe dieser Arbeit angedeutet worden sind und für die Physiologie grosse Wichtigkeit besitzen, habe ich es für durchaus nothwendig gehalten, auch diesen Weg der Forschung zu betreten, indem ich mich der Methoden bediente, welche mir bei rein histologischen Untersuchungen so nützlich gewesen sind. Bis jetzt wurde mir das Material zum Studium des Nervensystems fast ausschliesslich von dem Hühnerembryo geliefert. Hierbei muss ich bemerken, dass der einzige Grund zu diesem Vorzug in der Leichtigkeit lag, das Untersuchungsmaterial in allen Entwickelungsstadien, selbst den allerfrühesten, erlangen zu können, während die Beschaffung anderen reichlichen Materials, vom Menschen und anderen Säugethieren, dessen ich zu den wiederholten Versuchen, um die richtige Reaction zu erhalten, bedurfte, ausserordentlich schwierig gewesen wäre.

Indem ich mich für jetzt ausschliesslich auf die ganz beschränkte, im letzten Capitel berührte Frage einlasse, die Frage über den Ursprung der Neuroglia, und auch über diesen Gegenstand nur eine summarische Angabe mache, kann ich erklären, dass die bis jetzt erhaltenen Resultate der Art sind, dass ich mich berechtigt glaube, ohne weiteres anzunehmen, dass das interstitielle Stroma der Nervencentra zu den Geweben gehört, welche ihren Ursprung vom äusseren, oder Hornblatte ableiten. Die analytische Darstellung meiner Beobachtungen muss ich nothwendigerweise auf eine andere Arbeit verschieben, an welche ich gehen werde, sobald ich meine Beobachtungen auch durch Ausdehnung auf andere Thierklassen vervollständigt haben werde. Uebrigens will ich schon jetzt eine Eigenthümlichkeit der Organisation mittheilen, welche schon für sich im Stande ist, wenigstens einen Theil der Fragen über die Natur und Abstammung der Neuroglia zu beantworten.

Das Epithel des Centralkanals nimmt unmittelbar und bedeutend, viel mehr, als die bisherigen Beobachtungen es anzunehmen erlaubten, an der Bildung der interstitiellen Substanz des Rückenmarks Theil, und zwar in allen seinen Theilen (nicht nur der grauen Substanz in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern auch der weissen Substanz, sowohl der vorderen und seitlichen, als der hinteren Stränge), also von dem Centralkanal bis zu seinen äussersten Grenzen, unmittelbar unterhalb der Pia mater.

Den Beweis für diese Thatsache mit den darauf bezüglichen Einzelnheiten kann man leicht erhalten, wenn man Hühnerembryonen (nach 4-, 5-, 7-, 8-, 9-, 10-, 12-tägiger Bebrütung, also auch, wenn man sagen kann, dass im Rückenmark alle dasselbe bildenden Theile schon vollständig gebildet sind) meiner Methode der combinirten Wirkung des Bichromats und Silbernitrats unterwirft.

Wenn das Verfahren in der passenden Härtungsperiode angewendet wird (man sehe das folgende Capitel, welches ausschliesslich den Untersuchungsmethoden gewidmet ist), kann die Reaction vorzugsweise das Epithel des Centralkanals betreffen; in solchen Fällen nehmen die einzelnen Zellen des Cylinderepithels eine scharfe, schwarze oder kaffeebraune Färbung an, genau wie die, welche bei demselben Verfahren die Zellen der Neuroglia darbieten. Man kann dann schon bei den schwächsten Vergrösserungen wahrnehmen, dass die Cylinderzellen sich ganz anders verhalten, als die gewöhnlichen Beschreibungen angeben, das heisst: sie verlieren sich nicht in grösserer oder geringerer Entfernung in der grauen Substanz, sondern durchziehen radial die ganze Schnittebene des Rückenmarks und erstrecken sich bis an den äussersten peripherischen Rand des Organs, bis zur Pia mater. Hier enden die fadenförmigen Ausläufer der Cylinderzellen, indem sie bald eine kegelförmige Anschwellung, bald eine dünne Ausbreitung bilden, mit denen sie sich entweder an die Pia, oder an die dort verlaufenden Gefässe ansetzen. Auf diesem langen Wege bilden die mehr oder weniger kräftigen Fasern, welche die peripherischen Fortsätze des Körpers der einzelnen Epithelzellen darstellen, gewöhnlich Verzweigungen, welche bisweilen sparsam, bisweilen zahlreich und complicirt sind. Die secundären Verzweigungen ihrerseits gelangen zum Theil bis zur Peripherie des Rückenmarks und endigen hier auf die angegebene Weise; zum Theil verlieren sie sich auf dem Wege, ohne das man das Wie? genau bestimmen könnte, zum Theil setzen sie sich an die Gefässwände an. Aus diesem Allen entsteht in Präparaten, an denen die Reaction in grosser Ausdehnung gelungen ist, eine zierliche, dichte Ausstrahlung von Fasern, welche sich von dem ganzen Umkreise des Centralkanals nach der ganzen Peripherie des Rückenmarks erstreckt, und so entsteht gewissermaassen ein zusammenhängendes Gewebe von der Mitte bis zu der Peripherie dieses Organs.

Aus dieser Beobachtung geht offenbar hervor, dass der epitheliale Theil des Rückenmarks, welcher ohne Zweifel vom äusseren Keimblatte abstammt, an der Bildung des zwischen den nervösen Elementen liegenden Gewebes (der Neuroglia) unmittelbaren Antheil hat. Durch welche Reihe von embryologischen, chemischen und histologischen Beobachtungen ich mich für berechtigt halte, dem Epithelium auch die eigentlich so genannten Zellen der Neuroglia gleich zu stellen, das werde ich, wie ich schon sagte, in einer anderen Arbeit ausführen.

IX.

Untersuchungsmethoden.

In dem Verlaufe der Studien, deren Resultate ich zum Theil in dieser Arbeit vorgetragen habe, habe ich mich immer bemüht, alle Methoden zu benutzen, welche für Untersuchungen dieser Art nach und nach in die mikroskopische Technik eingeführt wurden. Darum unterliess ich es weder, beharrliche Versuche zu machen, um aus den gewöhnlich zum Studium der isolirten Elemente gebrauchten Mitteln den möglichsten Nutzen zu ziehen (Härtung und Maceration mit verdünnter Bichromatlösung, mit Chromsäure, Sublimat, verdünntem Alkohol, Zerzupfung, Anwendung verschiedener Farbstoffe), noch vernachlässigte ich die gebräuchlichen Methoden, um die Anordnung und die Beziehungen der verschiedenen Theile zu einander zu untersuchen (Schnitte durch mit Chromsäure, Bichromat oder Osmiumsäure gehärtete Stücke; verschiedene metallische Imprägnationen etc.). Diese Anwendung aller gebräuchlichsten Methoden der mikroskopischen Technik halte ich nicht nur für zweckmässig, sondern für durchaus nothwendig für Jeden, der seine Kenntnisse über den feineren Bau von Organen von so complicirtem Bau wie diejenigen, welche das Centralnervensystem bilden, vermehren will. Nur durch Vergleichung der mit verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate, indem wir die der einen durch die der anderen controliren, können wir uns ein begründetes Urtheil über die Streitfragen verschaffen, welche über diesen schwierigen Gegenstand von den Histologen aufgeworfen worden sind und noch werden, und zu Schlüssen gelangen, welche einen wirklichen Fortschritt unserer Kenntnisse bedeuten.

Während die Methoden, durch welche wir die Isolirung der einzelnen Elemente bewirken, uns in den Stand setzen, deren feinsten Bau zu untersuchen, liefern uns die gewöhnlichen Härtungsmethoden mit Chromsäure, Bichromat, Alkohol etc., immer das beste Mittel zu der ersten, groben Orientirung über die Anordnung, die Beziehungen und Mengenverhältnisse der verschiedenen Bestandtheile. Dagegen können andere, etwas

feinere Einzelheiten, so besonders der Verlauf der Nervenfasern, in den mit Osmiumsäure behandelten Schnitten am besten beobachtet werden. Zu demselben Zwecke können auch die nach der Goldchlorürmethode zubereiteten Präparate mit Nutzen verwendet werden, mag man nun nach der ursprünglich von Gerlach angegebenen Methode, oder nach den nach einander von Boll, Gerlach, Löwit, Fischer etc. vorgeschlagenen Abänderungen verfahren. Indessen kann ich nicht umhin, in Hinsicht auf die Resultate, welche Viele der Methode mit Goldchlorür haben zuschreiben wollen, zu erklären, dass dieselbe in ihrer Anwendung auf das Centralnervensystem weit davon entfernt ist, uns die angegebenen Vortheile zu gewähren, sondern uns höchstens einen Begriff über das grobe Verhalten der Nervenfaserbündel liefern kann. Wenn sie uns in den Schichten der grauen Substanz ein complicirtes Fasergeflecht zeigt, so lässt sie uns doch nicht erkennen, was wichtiger wäre, auf welche Art dieses Geflecht entsteht, noch die verschiedenen Theile unterscheiden, welche zu seiner Bildung beitragen.

Aber mit allen diesen Methoden will ich mich hier nicht beschäftigen, theils weil ich mich bei ihrer Anwendung stets streng an die Vorschrift dessen gehalten habe, der sie angegeben hat, theils weil ich die in dieser Arbeit vorgetragenen Thatsachen, welche einen Fortschritt unserer Kenntnisse der feineren Organisation des Centralnervensystems darstellen, ausschliesslich der Anwendung der neuen, von mir entdeckten Reaction verdanke.

Ich werde mich also in diesem Capitel über die Untersuchungsmethoden nur mit den Verfahrungsweisen beschäftigen, welche man zur Hervorbringung solcher Reactionen befolgen muss. Da mehrere Histologen die Angaben, welche ich über diese Methoden schon bei verschiedenen Gelegenheiten gemacht habe, für ungenügend erklärt haben, um Jemandem als hinreichender Führer zu dienen, der, ohne andere Anleitung, solche Untersuchungen unternehmen möchte, so werde ich mich bemühen, die gegenwärtige Beschreibung möglichst eingehend und genau zu machen, auch wenn ich dabei Einzelnheiten übertreiben sollte; denn mein erster Wunsch besteht darin, Allen die Mittel zu liefern, um die in der gegenwärtigen Arbeit vorgetragenen Thatsachen controliren zu können.

Die besonderen Methoden, denen ich meine bemerkenswerthesten Erfolge verdanke, sind folgende:

1) Die Methode der Schwarzfärbung durch Behandlung der Stücke nach einander mit doppeltchromsaurem Kali oder Ammoniak, und Sibernitrat.

2) Die Methode der auf einander folgenden Wirkung einer Mischung von Osmiumsäure-Bichromat und salpetersaurem Silber.

3) Die Methode der combinirten Wirkung von doppeltchromsaurem Kali oder Ammoniak und Quecksilberchlorid. (Die Färbung ist bei durchfallendem Licht anscheinend schwarz, bei auffallendem metallisch weiss.)

1) Die Methode der combinirten Wirkung des doppeltchromsauren Kalis und des salpetersauren Silbers.

In der Reihe der Methoden, welche ich speciell angewendet habe, ist diese gewissermaassen die grundlegende; die anderen sind nur Abänderungen derselben, um die Zeit der vorläufigen Behandlung abzukürzen, die Präparate dauerhafter zu machen, die Resultate auf verschiedene Weise abzuändern, besonders um eine grössere Verbreitung der Reaction zu erreichen, und sie speciell auf die eine oder andere Art der Elemente oder auf Theile von ihnen hinzuleiten.

Ich halte es für zweckmässig, hier sogleich darauf aufmerksam zu machen, dass die Verfahrungsweisen der mikroskopischen Technik, welche ich beschreiben werde, obgleich sie wesentlich auf der Wirkung des Silbernitrats beruhen, doch mit der gebräuchlichen Methode der Braun- oder Schwarzfärbung der Intercellularsubstanz der Epithelien und Endothelien und des Bindegewebes nichts gemein haben. Denn während bei diesen Methoden verdünnte Lösungen von Silbernitrat unmittelbar auf frische Gewebe angewendet werden, und zwar ausschliesslich auf Oberflächen von Membranen, oder häutige Gewebe von geringer Dicke (aponeurotische Platten, Substanz der Hornhaut, Intima der Gefässe), und das Licht einen bedeutenden Einfluss auf die Reaction ausübt, durch welche die Schwärzung der von dem Silbersalze mit der Grundsubstanz eingegangenen Verbindung bewirkt wird, so hat mit meinen Verfahrungsweisen das Licht nichts zu thun, und die

Reaction kömmt durch das allmähliche Eindringen des Silbersalzes in die mehr oder weniger voluminösen, vorher mit Bichromat behandelten Stücke zu Stande; die Schwarzfärbung der verschiedenen, das nervöse Gewebe bildenden Elemente tritt in Folge einer reducirenden Wirkung ein, welche die Elemente selbst unter dem Einflusse des Bichromats auf das Silbersalz ausüben.

Das Verfahren, um die Schwarzfärbung der die nervösen Centralorgane bildenden Elemente herbeizuführen, besteht im Wesentlichen aus zwei Theilen:

a) Härtung der Stücke in einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali,

b) Eintauchung der gehärteten Stücke in eine Lösung von Silbernitrat.

a) Härtung im Bichromat. Obgleich es für die Härtung keine besonderen Regeln giebt, sondern man die gewöhnlich zur Erlangung einer guten, gleichmässigen Härtung angegebenen Regeln befolgen muss, so ist doch dieser Theil des Processes derjenige, welcher die meiste Sorgfalt erfordert, um so mehr, da die Zeit, welche nöthig ist, damit die Stücke den nöthigen Härtegrad erlangen, welcher zur Einwirkung des zweiten Reagens durchaus erfordert wird, sehr verschieden ist, wie ich weiterhin zeigen werde, und je nach verschiedenen Umständen und besonders nach der Temperatur der Umgebung wechselt.

Zu der ersten Eintauchung der Stücke benutzte ich entweder eine einfache, zweiprocentige Lösung von doppeltchromsaurem Kali oder die gebräuchliche Formel von MÜLLER. (Man achte darauf, dass die Reagentien rein sind.) Die Menge der Flüssigkeit muss reichlich sein im Verhältniss zu der Menge der Stücke, die man härten will.

Der dem Verfahren zu unterwerfende Theil des Gehirns oder Rückenmarks wird in ziemlich kleine Stücke geschnitten (ungefähr 1—1½ ccm). Es ist wichtig, dass die Stücke frisch sind; jedenfalls sind die Resultate desto besser, je frischer sie sind. Daher thut man wohl, sich vorzugsweise der Gehirne von soeben getödteten Thieren zu bedienen, doch kann man auch noch 24—48 Stunden nach dem Tode befriedigende Resultate erhalten. Ich brauche nicht zu sagen, dass die Stücke regelmässig und in bestimmten Richtungen geschnitten werden müssen (je nach den Theilen, die man studiren will), damit man später über die Beziehungen der Theile und über die Lage der Elemente, die man untersuchen will, sicher urtheilen kann.

Damit die Härtung mit einiger Schnelligkeit fortschreite und gleichmässig werde, wird man wohlthun, nach und nach die Concentration der Flüssigkeit zu vermehren und die Dosis des Bichromats von 2 Proc. auf 2½, 3, 4, 5 Proc. zu erhöhen.

Mag man nun, um den Stücken die nöthige Consistenz zu verschaffen, den Gehalt der Flüssigkeit allmählich verstärken oder dieselbe Concentration beibehalten, so ist es immer nützlich, die Härtungsflüssigkeit von Zeit zu Zeit zu erneuern, um die Bildung von Schimmel zu vermeiden, welcher sich bekanntlich in Bichromatlösungen häufig entwickelt, wenn die Stücke einigermaassen vernachlässigt werden. In derselben Absicht ist es auch vortheilhaft, in die Gefässe zugleich mit den Stücken ein wenig von jenen Stoffen einzubringen, welche die Entwickelung der Hyphomyceten zu hindern vermögen, wie Kampher, Salicylsäure etc.

Worauf es bei der Anwendung der Methode, um gute Resultate zu erhalten, am meisten ankommt, während es zugleich am schwersten genau zu bestimmen ist, ist die Zeitdauer, während welcher die Stücke in der Bichromatlösung eingetaucht erhalten werden müssen, ehe man zu der zweiten Hälfte des Verfahrens, der Reaction mit Silbernitrat, übergehen darf.

Die nöthige Dauer der Immersion, damit die Stücke jenen Grad oder jene besondere Art der Härtung gewinnen, welche sich am besten dazu eignet, um mittelst der darauf folgenden Einlegung in die Silberlösung eine feine und diffuse Wirkung auf die verschiedenen Elemente des Nervensystems zu erhalten, wechselt nach verschiedenen Umständen, nämlich nach dem Concentrationsgrade der Flüssigkeit, nach dem Zustande der Stücke, nach der Menge der Flüssigkeit, nach der Temperatur der Umgebung, folglich auch nach der Jahreszeit.

Was die Unterschiede betrifft, welche aus dem Concentrationsgrade und aus der Menge der Flüssigkeit hervorgehen können, so lassen sie sich natürlich durch strenge, beständige Regeln über den Gehalt der Härtungsflüssigkeit, durch Verschlossenhalten der Gefässe und wohl auch dadurch ausschliessen, dass man immer dasselbe Verhältniss zwischen der Zahl der Stücke und der Menge der Härtungsflüssigkeit einhält.

Wichtiger ist der Einfluss der Temperatur der Umgebung auf die Resultate der Reaction, ja von diesem Einflusse hängen wesentlich alle Unsicherheiten ab, welchen die Methode unterworfen ist.

Während man z. B., um nur die Extreme zu erwähnen, in der warmen Jahreszeit schon nach 15—20-tägiger Eintauchung gute Resultate erhalten kann (welche mit den gradweisen Aenderungen, von welchen ich später sprechen werde, fortfahren aufzutreten und sich auszubreiten) und selten über 30—40—50 gebrauchen wird, kann man in der kalten Jahreszeit einigermaassen brauchbare Resultate kaum nach weniger als 1- bis $1^1/_2$-monatlichem Aufenthalte im Bichromate erlangen; die Reaction, mit den dazu gehörigen gradweisen Aenderungen, kann dann 2, 3, ja 4 Monate lang fortfahren, sich zu zeigen, natürlich unter der Bedingung, dass die Erhaltung der Stücke genau nach den oben angegebenen Regeln besorgt wird. Es ist fast überflüssig, zu sagen, dass bei dem allmählichen Uebergange der warmen in die kalte Jahreszeit und umgekehrt entsprechende Aenderungen in dem Auftreten der Reaction stattfinden. — Es ist nicht leicht, allen diesen Temperaturschwankungen abzuhelfen, vorzüglich weil diese Schwankungen der Umgebung sich zu den anderen angegebenen Ursachen der Unsicherheit gesellen und bewirken, dass die an einer Reihe von Stücken gemachten Beobachtungen niemals mit den an einer anderen Reihe gemachten genau zusammentreffen. Auch das Mittel einer Wärmekammer, wovon ich später sprechen werde, ist nicht im Stande, die erwartete Genauigkeit hervorzubringen.

Das sicherste Mittel, allen diesen Unannehmlichkeiten abzuhelfen, ist die beharrliche Wiederholung der Versuche, das heisst: man muss eine gute Zahl von Stückchen zu seiner Verfügung haben, eines oder mehrere davon von Zeit zu Zeit in die Silberlösung einbringen, und dann untersuchen, ob sie sich in dem verlangten Zustande befinden. Wenn die Reaction gut ausgefallen ist, so setzt man mit der grössten Beharrlichkeit die Versuche in verschiedenen Zeitabschnitten fort, um alle Abstufungen der Reaction zu erhalten, welche einen Vorzug dieser Methode ausmachen. Es versteht sich von selbst, dass die verschiedenen Versuche, je nach der Jahreszeit, mehr oder weniger schnell auf einander folgen müssen. In der warmen Jahreszeit, wo die nöthige Qualität der Härtung viel früher erreicht wird, müssen die Versuche schnell auf einander folgen; in der kalten dagegen, wo die verlangte Härtung erst nach Monaten erreicht wird, können die Versuche auch in 8- bis 10-tägigen Zwischenräumen unternommen werden, indem man zu der Zeit beginnt, wo man, nach meiner Angabe, mit einigem Grunde annehmen kann, dass die gewünschten Zustände einzutreten anfangen.

b) Einbringung der gehärteten Stücke in die Lösung von Silbernitrat. Wenn die verschiedenen Umstände, von denen ich gesprochen habe, es unmöglich machen, mit voller Genauigkeit anzugeben, nach welcher Anzahl von Wochen oder Tagen die Stücke aus dem Bichromat in die Lösung von Silbernitrat gebracht werden müssen, so ist dies noch kein Grund, zu behaupten, die Methode leide an übermässiger Unsicherheit. Alle Schwierigkeiten sind besiegt, und man kann mit dem einfachen, angegebenen Mittel, die Versuche mit jeder Reihe von Stücken beharrlich fortzusetzen, zu der absoluten Sicherheit gelangen, immer treffliche Resultate zu gewinnen. Die Schwierigkeiten sind also ungefähr denen gleich, welche man bei der Anwendung aller anderen Imprägnations- und Imbibitionsprocesse antrifft, ohne die einfache Karminfärbung auszunehmen, bei welcher man bekanntlich erst nach wiederholten Versuchen, wenn man die Beschaffenheit der Färbeflüssigkeit und die der zu färbenden Stücke kennen gelernt hat, zu schnellen, sicheren Resultaten gelangt.

Gewöhnlich bediene ich mich einer 0,75-proc. Silberlösung; doch will ich sogleich bemerken, dass es zum Gelingen der Reaction nicht nöthig ist, dass man genau diese Formel innehalte. Ein wenig stärkere oder schwächere Lösungen ändern das Resultat nicht. Ich will hierüber nur noch hinzufügen, dass ein wenig schwächere Lösungen (50 Proc.) etwas passender scheinen (sie geben nämlich feinere, obgleich auf weniger Elemente beschränkte Reactionen), solange die Stücke die vollkommene Härtung noch nicht erreicht haben, während ein wenig stärkere Lösungen (bis zu 1 Proc.) besser für Stücke geeignet scheinen, deren Härtung ein wenig zu weit fortgeschritten ist.

Die Menge der Silberlösung, welche man anwenden will, muss nach der Zahl und dem Umfange der einzulegenden Stücke wechseln, aber immer verhältnissmässig reichlich sein. Für zwei oder drei Stückchen von ungefähr 1 ccm gebrauche ich im Mittel ungefähr ein halbes Glas (bicchiere) von der Flüssigkeit.

In dem Augenblicke, wo die Stückchen aus dem Bichromat in die Silberlösung übertragen werden, erfolgt in dieser ein reichlicher, geblicher Niederschlag von chromsaurem Silber. Die Bildung dieses Niederschlages geschieht natürlich auf Kosten des Gehaltes der Flüssigkeit, weil durch die plötzliche Bildung des unlöslichen Präcipitats ein mehr oder weniger beträchtlicher Theil des Silbersalzes niedergeschlagen wird. Dies verändert natürlich die Verhältnisse (auch die osmotischen) zwischen der Flüssigkeit, welche in das Innere der Stücke eindringen soll, und den inneren Theilen, den Elementen dieser Stücke. Es könnte sogar vorkommen, dass das ganze oder der grösste Theil des Silbers aus der Lösung niedergeschlagen würde, was ein mehr oder weniger vollständiges Ausbleiben der Reaction zur Folge haben würde. Um diese Unannehmlichkeit zu vermeiden, ist es zweckmässig, die Stücke, an denen man die Reaction versuchen will, zuerst in einer schwächeren Silberlösung abzuwaschen. Zu diesem Zwecke pflege ich mich, auch aus ökonomischen Gründen, solcher Silberlösungen zu bedienen, welche schon für andere Stücke gedient haben, ohne dass ihr Silber vollkommen neutralisirt wäre. Wenn man diese Art von Waschung fortgesetzt hat, bis die Stücke, in eine reine, durchsichtige Lösung eingebracht, keinen Niederschlag mehr verursachen, werden sie endlich in die Lösung von der angegebenen Concentration versetzt. Von da an bedarf das Präparat gewöhnlich keiner Aufsicht mehr; denn wenn die Lösung in ziemlich reichlicher Menge vorhanden ist, so genügt sie, um ihre Wirkung bis in das Innere des Stückes eindringen zu lassen. Doch ist es gut, daran zu denken, dass es in einigen Fällen nützlich ist, besonders wenn es sich um Stücke handelt, welche durch langes Liegen im Bichromat mit diesem Salze reichlich getränkt sind, nach 6, 8 oder 10 Stunden des Verweilens in der Silberlösung diese durch eine neue, reine zu ersetzen. Dies muss geschehen, wenn die Flüssigkeit eine gelbliche Farbe annimmt, welche andeutet, dass das salpetersaure Silber neutralisirt wird. So könnte das Reagens nicht mehr die nöthige Stärke besitzen, um in das Innere der Stücke einzudringen.

Da ich schon gesagt habe, dass diese Reaction, durch welche man die Schwarzfärbung der Elemente des Nervengewebes hervorbringt, nichts mit derjenigen gemein hat, welche unter dem Einflusse des Lichtes die Intercellularsubstanzen färbt, brauche ich nur hinzuzufügen, dass es vollkommen gleichgültig ist, ob die Stücke bei unserem Verfahren im Lichte oder im Dunkel gehalten werden; die Reaction, welche durch das allmähliche Eindringen des Silbers in das Innere der Gewebe hervorgebracht wird, findet in beiden Fällen gleicherweise statt. Die einzige Regel in Bezug auf das Verhalten der Stücke in der Nitratlösung, welche die Erfahrung als einigermaassen nützlich nachgewiesen hat, besteht darin, dass man sie während des Winters im wohlgeheizten Zimmer aufbewahren soll; ich pflege die betreffenden Gefässe auf einem Tische aufzustellen, welcher sich in geringer Entfernung von dem Ofen des Laboratoriums befindet.

In der Silbernitratlösung müssen die Stücke in der Regel 24—30 Stunden bleiben, in Ausnahmsfällen auch 48 Stunden. Die Zeit von 24—30 Stunden muss die Regel bilden, obgleich, wenn die Zeit der Härtung richtig getroffen ist, die Reaction schon nach 2—3 Stunden gut vorgeschritten sein kann. In solchen Fällen kann man sagen, dass wenigstens in den oberflächlichen Schichten die Reaction sogleich beginnt, um sich allmählich, bei dem tieferen Eindringen der Flüssigkeit, in die Tiefe auszudehnen. Was die Ausnahmsfälle betrifft, in denen es nützlich ist, die Stücke 48 Stunden und länger in der Nitratlösung zu lassen, und wo man auch wohlthut, die Lösung zum zweiten Male zu wechseln, muss man sein Verfahren nach dem Ergebniss der mikroskopischen Untersuchung einiger oberflächlichen Schnitte regeln, aus denen man auf den Zustand der Reaction schliesst; ausserdem wird man auch aus dem Gelbwerden der Flüssigkeit ersehen, ob das Reagens der Neutralisation nahe ist.

Uebrigens ist zu bemerken, dass auch ein unbestimmter Aufenthalt der Stücke in der Silberlösung, der Tage, Wochen und selbst Monate dauern kann, ihnen durchaus nicht schädlich ist; im Gegentheil, dies ist ein zweckmässiges Aufbewahrungsmittel für Stücke, welche zu einer besonderen, lange dauernden Untersuchung bestimmt sind.

Eine der interessantesten Eigenthümlichkeiten des Processes, den ich hier beschreibe, besteht darin, dass die braunschwarze Färbung zwar auf alle Elemente des Nervengewebes gleicherweise einwirkt (verschiedene Arten von Ganglienzellen, Nervenfasern, Elemente der Neuroglia und der Gefässwände), aber in der Wirklichkeit die gleichzeitige Färbung aller dieser Elemente eine Ausnahme darstellt, nämlich wenn sich die Elemente in einem gewissen Erhärtungszustande befinden, welchen man nur durch eine grosse Menge von Versuchen zufällig antreffen kann. In der Regel tritt die Reaction nur theilweise ein, d. h. sie betrifft vor-

wiegend nur die eine, oder die andere Art von Elementen, oder die eine oder die andere Schicht, mit Abstufungen und Combinationen, die man endlos nennen könnte.

Diese Eigenthümlichkeit beeinträchtigt die Methode nicht, sondern gehört vielmehr zu ihren Vorzügen; denn wenn die Reaction gleichzeitig alle Arten von Elementen beträfe, so würde offenbar eine unentwirrbare Confusion entstehen, es würde unmöglich sein, sich in der Lage und den Beziehungen der einzelnen Theile zurecht zu finden. Wenn sich z. B. in gewissen Präparaten vorzugsweise die Nervenzellen schwarz färben, in anderen hauptsächlich die der Neuroglia zugleich mit den Gefässen und einigen Gruppen von Nervenzellen, so ist es offenbar, dass man durch Vergleichung vieler Präparate die verschiedenen Eigenthümlichkeiten der Anordnung und der Beziehungen der einzelnen Arten von Elementen zu einander, und den Zusammenhang des Baues verschiedener Regionen übersehen kann.

Dies ist um so mehr der Fall, als diese Combinationen und Abstufungen auch in gewissen Schichten und verschiedenen Zonen auftreten, in welche man die verschiedenen Provinzen des Nervensystems einzutheilen pflegt. In der Hirnrinde z. B. tritt die Reaction mit den verschiedenen angegebenen Combinationen bald in der oberflächlichen oder mittleren, bald in der tiefen Schicht ein.

Ueber die Art der Entwickelung der Schwarzfärbung und über die Aufeinanderfolge der Reaction in den verschiedenen Arten von Elementen besteht ohne Zweifel ein Gesetz, und es wäre interessant, es kennen zu lernen, um das eine oder andere Resultat nach Belieben hervorbringen zu können; aber das ist äusserst schwierig, wenn nicht unmöglich zu erreichen. Diese Schwierigkeit wird man leicht begreifen, wenn man bedenkt, dass die Verschiedenheit der Resultate nicht nur durch die schon angegebenen Verhältnisse, sondern auch durch die ungleichmässig härtende Wirkung des Bichromates hervorgebracht wird, so dass die einzelnen Schichten der Stücke sich in verschiedenem Zustande befinden; denn in den einzelnen Stücken kann der Härtungsgrad von der Mitte nach der Peripherie gradweise zunehmen, so dass mehrere von den angegebenen Combinationen und Abstufungen an demselben Stücke auftreten können.

Jedenfalls kann man annehmen, dass für die Art des Eindringens der Reaction in die verschiedenen Elemente des Nervengewebes, wenn man eine Anzahl von gleichen Stücken nach einander der Einwirkung des Silbernitrats unterwirft, annähernd folgende Regel gilt. Es färben sich nach einander:

1) Die Bündel von Nervenfasern. Gleichzeitig mit der Färbung dieser Fasern tritt häufig die einiger wenigen vereinzelten Ganglienzellen ein, welche in der grauen Substanz zerstreut liegen.

Die Färbung der Nervenfasern zeigt zu Anfang wenig Feinheit, die Reaction ist sozusagen tumultutarisch, aber allmählich, bei fortschreitender Härtung (aber immer nach mehr oder weniger kurzer Zeit) gewinnt sie an Feinheit, und dann kann man die die Bündel bildenden Fasern (Axencylinder) gut einzeln sehen, und aus den Bündeln sieht man einzelne Fibrillen ausstrahlen, an denen man auf den ersten Blick alle kleinsten Einzelnheiten ihres Verlaufs und ihrer Verzweigung erkennt.

2) Die Ganglienzellen. Zuerst färben sich immer die Ganglienzellen der oberflächlichen Schichten (z. B. in der Hirnrinde die kleinen Ganglienzellen der peripherischen Zone), aber zugleich mit ihnen auch einige einzelne, in inneren Schichten unregelmässig zerstreute. Jedenfalls schreitet die Reaction von vorwiegender Betheiligung der Fasern zu vorherrschender Färbung der Zellen fort, und in Bezug auf die letzteren bemerkt man noch, dass die schwarze Reaction sich nach und nach verallgemeinert und von den oberflächlichen und mittleren Schichten nach den tiefen fortschreitet. Dann geschieht es nach und nach, dass die Reaction, während sie sich in den Zellen der tiefen Schichten vervollständigt, in denen der oberflächlichen Schichten immer begrenzter wird.

Wie bei den Fasern, so ist auch bei den Zellen die Reaction zu Anfang ein wenig grob und wenig geeignet, um gewisse feine, interessante Einzelnheiten zur Erscheinung zu bringen. So färbt sich z. B. der nervöse Fortsatz anfangs nicht in grosser Ausdehnung; gewöhnlich sieht man nur ein kurzes Stück von ihm, so dass weder sein Verlauf und seine Richtung, noch die bald wenigen, bald unzähligen Verzweigungen, welche von ihm ausgehen, wahrzunehmen sind. Mit dem allmählichen Fortschritte der Reaction stellen sich auch die Nervenzellen immer deutlicher dar, und es erscheinen die feinsten Theilfäden sowohl der protoplasmatischen, als der nervösen Fortsätze.

3) Zellen der Neuroglia. Eine interessante Reaction findet in den Zellen der Neuroglia statt; man kann sagen, dass sie in zweckmässig in Bichromat gehärteten Stücken vom Anfange bis zum Ende der Phase vor sich geht. In der That sieht man sowohl in der Zeit, wo die Färbung der Fasern überwiegt, als in der, wo die Schwärzung der Zellen immer weiter um sich greift, immer einzelne Neurogliazellen oder Gruppen von ihnen, welche die charakteristische Reaction des Silbernitrats zeigen (kaffeebraun oder gelblich). Ausserdem wird an dieser Art von Elementen die Reaction immer erst in einer etwas vorgerückten Periode der Härtung fein und diffus, so dass ihre typische Form und ihre Beziehungen deutlich werden. Die Reaction der Neuroglia pflegt lange anzuhalten, auch über die Zeit hinaus, welche zur Färbung der Nervenzellen dient.

Was die Ganglienzellen betrifft, so ist hier ferner zu bemerken, dass die feinsten Reactionen, besonders die den nervösen Fortsatz betreffenden, ebenfalls erst in einer etwas vorgerückten Härtungsperiode einzutreten pflegen, nämlich dann, wenn mit dem Fortschreiten der Reaction in der Neuroglia die in den Ganglienzellen beschränkt wird. Gerade in isolirt liegenden, geschwärzten Zellen zeigt sich die Reaction des einzigen, functionellen Fortsatzes am feinsten; man kann ihn in den geringsten Einzelnheiten seines Verlaufs und seiner Verästelungen beobachten. Ich muss immer von neuem wiederholen, dass man, um in einem gewissen Theile des Nervensystems alle Phasen der Reaction kennen zu lernen, die Reaction in einer Reihe von Stücken hervorbringen muss, welche in verschiedenen Perioden nach einander der passenden Behandlung unterworfen worden sind.

Nachdem wir so umständlich die Grundregeln des Verfahrens festgestellt haben, wäre es überflüssig, noch in weitere Einzelnheiten über die Unterschiede einzugehen, welche in Bezug auf die verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems hervortreten können (die Grosshirnrinde, die sogenannten Ganglien der Basis, das Kleinhirn, das Rückenmark). Ich bemerke hierüber nur, dass unter gleichen Umständen Stücke aus der Grosshirnrinde im Bichromat die passende Härtung etwas früher erlangen, als solche aus den Kleinhirnwindungen, und die aus letzteren stammenden ein wenig früher, als die dem Rückenmarke entnommenen, und dass endlich die sogenannten Ganglien der Basis den gehörigen Härtegrad noch etwas später erreichen, als die genannten Theile.

Eine letzte Bemerkung. Wenn man die Einzelnheiten des hier beschriebenen Verfahrens bedenkt, begreift man, dass es ziemlich oft geschehen kann, dass die Reaction nur in einem Theile der Stücke zu Stande kommt, und z. B. in den oberflächlichen Schichten ausbleibt, wo man in der That häufiger, als anderswo, nur ein unregelmässiges Präcipitat findet, und sich in den tiefen vorfindet, oder umgekehrt. Hieran möge man sich erinnern, und wenn sich vielleicht bei den ersten Schnittversuchen, welche die Oberfläche betreffen, nichts Interessantes zeigte, nicht ohne weiteres die Reaction für misslungen halten, denn es kommt häufig vor, dass solche Präparate, in denen man bei spärlicher Reaction nur einzelne, isolirte Zellen gefärbt findet, hinsichtlich der die einzelnen Elemente betreffenden Einzelnheiten zu den instructivsten gehören.

Behandlung und Erhaltung der Präparate. An einigen Versuchsschnitten, welche man in Glycerin oder in der Reactionsflüssigkeit selbst untersuchen kann, stellt man fest, ob die Schwarzfärbung derartig ausgefallen ist, dass das Stück verdient, zur weiteren Untersuchung aufbewahrt zu werden. Dann muss man für die Erhaltung dieser Stücke und der mikroskopischen Schnitte sorgen, welche man nach und nach ausführt. Obgleich es gewiss ist, dass auch ein längerer Aufenthalt in der Silberlösung durchaus keinen Schaden bringt, und dass die Aufbewahrung in derselben sogar als ein Erhaltungsmittel dienen kann, so ist es doch zweckmässig, um die Stücke zur Weiterbehandlung bereit zu halten, sie in gewöhnlichen, reinen Alkohol zu versetzen. Dies hat den Zweck, nicht nur eine weitere Härtung hervorzubringen, sondern auch die Gewebe von dem Silbernitrat zu befreien, mit dem sie getränkt sind, was, wie ich weiterhin sagen werde, der Erhaltung der mikroskopischen Schnitte sehr schädlich ist. — Zur Erreichung dieser zweiten Absicht soll man den Alkohol zwei- oder dreimal wechseln, bis derselbe auch mehrere Tage nach der Einbringung der Stücke durchsichtig bleibt. Auf diese Weise lassen sich die Stücke sehr lange Zeit erhalten. Ich bewahre deren seit ungefähr neun Jahren auf diese Weise auf und kann davon, so oft ich will, ebenso klare Präparate erhalten, als sie kurz nach ihrer Zubereitung geliefert hatten.

Die fernere Behandlung der mikroskopischen Schnitte entspricht zwar im Wesentlichen dem gewöhnlichen Verfahren zur Erhaltung trockener Präparate, verdient aber doch eine kurze, besondere Angabe, damit man

auf einige Eigenthümlichkeiten des Verfahrens achte, welche nöthig sind, um einige andere Schwierigkeiten der Methode zu überwinden, nämlich die der langen Dauer der mikroskopischen Präparate.

Die Schnitte müssen, ehe sie zur dauernden Erhaltung in Dammarharz oder Kanadabalsam gelegt werden, nach der classischen Methode nach einander zuerst in absoluten Alkohol und dann in eine der bekannten aufhellenden Substanzen gebracht werden. Jeder von diesen Schritten verlangt nun einige besondere Vorsichtsmaassregeln, welche bei gewöhnlichen Präparaten nicht nöthig sind.

a) Behandlung mit absolutem Alkohol. Die einzige, besondere hier zu beobachtende Regel besteht darin, dass man die Schnitte sehr sorgfältig entwässern muss, indem man sie drei- oder viermal nach einander in reinen, absoluten Alkohol einbringt. Dies ist die Hauptregel zur langen Erhaltung, denn je genauer und sorgfältiger die Entwässerung ausgeführt ist, wodurch dem Gewebe jede Spur von salpetersaurem Silber entzogen werden soll, desto mehr kann man sich darauf verlassen, dass das Präparat lange Zeit klar bleiben wird.

b) Aufhellung. Die zu erhaltenden Schnitte müssen zur Aufhellung aus dem absoluten Alkohol nach einander zuerst in Kreosot, worin sie einige Minuten zu bleiben haben, und dann in Terpentinöl übertragen werden. In letzterer Substanz können sie lange verweilen. Die Wahl dieser beiden Substanzen und die auf einander folgende Anwendung beider ist ein weiteres Mittel zur langen Erhaltung der Präparate. Unter den vielen anderen zur Aufhellung gebrauchten Substanzen habe ich in einigen Fällen zur Behandlung der nach meiner Methode angefertigten Präparate auch das Oleum Origani sehr nützlich gefunden; aber ich habe noch keinen hinreichenden Grund gefunden, um von den beiden zuerst genannten Flüssigkeiten abzugehen.

Im Terpentinöl brauchen die Schnitte nur 10—15 Minuten zu verweilen, können aber auch mehrere Tage lang darin liegen bleiben.

c) Endliche Fertigmachung der mikroskopischen Präparate. Zur dauernden Erhaltung werden die Schnitte aus dem Terpentinöl in Dammarfirniss gebracht, welchen ich nach vielen vergleichenden Versuchen zu diesem Zweck geeigneter gefunden habe, als den Kanadabalsam. Hier muss ich die Aufmerksamkeit ganz besonders auf eine eigenthümliche Behandlungsweise der Schnitte lenken: im Gegensatz zu dem allgemein gebräuchlichen Verfahren mit mikroskopischen Präparaten bedecke ich dieselben nicht mit Deckgläschen. Wenn die Schnitte nach der gewöhnlichen Methode unter Deckgläschen eingeschlossen werden, so beginnen sie nach einiger Zeit gelb zu werden (durch eine zweite Imprägnation, welche vor sich geht), dann verwischen sich die Umrisse der gefärbten Zellelemente, das ganze Gewebe wird undurchsichtig, und nach einer Zeit, welche zwischen zwei oder drei Monaten und zwei Jahren schwankt, werden die Präparate mit wenigen Ausnahmen völlig unbrauchbar. Dagegen erhalten sie sich, dank den mehrfachen Auswaschungen, von denen ich gesprochen habe, und vorzüglich der Erhaltungsart ohne Decke in einer Schicht von Dammarfirniss sehr lange, ja ich kann jetzt sagen, dass der früheren beklagenswerthen Unannehmlichkeit, dass die nach meiner Methode angefertigten Präparate bald zu Grunde gingen, jetzt fast ganz abgeholfen ist. So haben viele seit neun Jahren von mir zubereitete Präparate bis jetzt noch nichts von ihrer ursprünglichen Klarheit verloren.

Wenn die gute Erhaltung durch ein beginnendes Gelbwerden bedroht erscheint, wird ein längeres Bad in Terpentinöl, in welches auch der Objectträger mit eingetaucht wird, dem Präparate seine Durchsichtigkeit und Frische wiedergeben.

Für diese Art der Erhaltung habe ich es für zweckmässig gefunden, besondere hölzerne Objectträger mit einem viereckigen Fensterchen anzuwenden, in welches ich mittelst einer Fuge ein Glasplättchen einsetze und mit einer Lösung von Lack in Alkohol befestige (ein Deckgläschen von etwas grösserem Durchmesser, als die gewöhnlichen). Dieses dient als Objectträger, und darauf werden mittelst des Dammarfirnisses die Schnitte befestigt.

Diese Art von Objectträgern erlaubt nicht nur, die Schnitte von beiden Seiten zu untersuchen, sondern hat auch den Vortheil, die Beschmutzung der Objecte mit Staub zu verhindern, welcher diese besondere Aufbewahrungsmethode sonst ausgesetzt wäre. Zu diesem Zweck braucht man nur den Objectträger mit der den

Schnitt enthaltenden Seite nach unten zu kehren, sobald der Lack hart genug geworden ist, oder auch die Präparate auf einander zu schichten.

Ich bemerke noch, dass es zweckmässig ist, die Objecte vor dem Einflusse des Lichtes zu schützen; doch ist diese Vorsicht nicht durchaus nöthig, wenn die wiederholten Auswaschungen auf die angegebene, sorgfältige Weise ausgeführt worden sind. Nach Erfüllung dieser Bedingung habe ich viele Präparate Tage lang den Sonnenstrahlen aussetzen dürfen, ohne dass sie Schaden gelitten hätten.

Es ist hier nicht der Ort, den Werth der Resultate hervorzuheben, welche man durch diese Methode erlangen kann. Die diese Arbeit begleitenden Figuren beweisen es hinlänglich. Sie stellen die in den Präparaten zu beobachtenden Formen durchaus nicht mit erkünstelter Feinheit dar, sondern bleiben in dieser Hinsicht sicher hinter der Naturwahrheit zurück. Hier will ich nur die Unannehmlichkeiten der Methode anführen, um dann die Reihe von Mitteln anzugeben, um sie zu vermeiden. Die lange Zeit, welche von der Einlegung der Stücke in Bichromatlösung bis zum Eintritt der Reaction verstreichen muss (es geschieht nicht selten, dass in Folge davon die Stücke in Vergessenheit gerathen), die Ungewissheit über die so sehr wechselnde Zeit, welche bis zu der gehörigen Härtung verstreichen muss, der verschiedene Zustand, in welchem sich die einzelnen Schichten desselben Stückes befinden, dies alles sind Uebelstände, deren Abstellung wünschenswerth wäre.

Um grössere Sicherheit und Genauigkeit in den Resultaten zu erreichen, suchte ich Hülfsmittel auf, um meine Methode auf die eine oder andere Weise abzuändern. Von den von mir angewendeten Mitteln führe ich die folgenden an, als diejenigen, welche mir einigermaassen einen gewissen Vortheil gebracht haben.

a) Injectionen von Bichromat (Lösung zu 2,5 Proc.) Sie müssen reichlich sein und beharrlich ausgeführt werden, so dass das ganze Parenchym des zu untersuchenden Theiles hinreichend und gleichmässig von der härtenden Flüssigkeit durchdrungen wird. Wenn es sich um ein Thier handelt, so muss die Injection unmittelbar nach dem Tode ausgeführt werden, bei dem Menschen sobald als möglich. Die Fixirung der Elemente durch das Reagens, womöglich ehe die geringste Leichenveränderung eintreten kann, ist von höchster Wichtigkeit, wenn man sehr zarte Reactionen erhalten will. Die Wirkung der Injection besteht hauptsächlich darin, die Härtung gleichmässig zu machen, ferner zu verhindern, dass in den inneren Theilen der Stücke vielleicht ein wenig Leichenveränderung eintrete, und drittens die Zeit des Aufenthaltes im Bichromate abzukürzen.

Wenn ich aus einigen auf diese Weise hervorgebrachten und vorzüglich gelungenen Reactionen einen Schluss ziehen will, so muss ich erklären, dass die Injection in diesen verschiedenen Beziehungen in der That von bedeutendem Vortheil ist. Einige andere Versuche, die ich jedoch nicht lange fortgesetzt habe, verschafften mir die Ueberzeugung, dass ein auf dieselbe Weise günstiger Einfluss durch Einspritzung nicht einer einfachen Lösung von Bichromat, sondern einer solchen mit Gelatine (2,5-proc. Bichromatlösung 100 ccm, trockene Gelatine, welche auf die bekannte Weise aufgelöst wird, 5—6 g) erreicht wird. Dieses Verfahren scheint mir ganz besonders geeignet, den Stücken in kürzerer Zeit jene besondere Art der Härtung zu verschaffen, welche am meisten geeignet ist, die besten Reactionen mit dem Silbernitrat hervorzubringen. Ich erwähne zum Beispiel einen Fall, wo ich bei einer Temperatur von 15—20° C (im Herbst) in der Zeit vom 15. bis zum 30. Tage nach dem ersten Einlegen in Bichromat an Stücken, welche diesem Verfahren unterworfen worden waren, graduirte Reactionen von überraschender Feinheit erhalten habe.

Die Injection wird auf die gewöhnliche Weise ausgeführt (mit der einfachen Spritze, oder mit einem Heberapparate, bei welchem der Druck nach der Höhe, in welcher sich das mit der einzuspritzenden Flüssigkeit gefüllte Gefäss befindet, geregelt wird), entweder durch die Carotis, wenn man die Härtung auf Gross- und Kleinhirn beschränken will, oder durch die Aorta, wenn die Flüssigkeit sich auch durch das Rückenmark verbreiten soll.

Es ist unnöthig, zu sagen, dass, wenn man das Bichromat mit Gelatine injicirt, die Flüssigkeit erwärmt sein muss, damit letztere flüssig bleibt. In diesem Falle ist es besonders wichtig, die Operation unmittelbar nach dem Tode des Thieres auszuführen, ehe die Gewebe erkaltet sind. Nur so erhält man die feinsten, ausgebreitetsten Injectionen.

Nach der Einspritzung werden die ihren Höhlen entnommenen nervösen Theile in Stücke zerschnitten und, wie gewöhnlich, in Bichromatlösung gebracht, wo sie nach den gegebenen Vorschriften sorgfältig weiterbehandelt werden.

b) Härtung im Bichromat bei constanter Temperatur. Der mehrfach angedeutete Umstand, dass die Ungewissheit über die Zeit, nach welcher die Stücke aus dem Bichromat in das Silbernitrat übergeführt werden müssen, zum grossen Theil von der Temperatur der Umgebung abhängt, erzeugte sofort den Gedanken, das beste Mittel zur Vermeidung dieses Uebelstandes sei die Anwendung einer constanten äusseren Temperatur auf die in Bichromat liegenden Stücke, und dazu erschienen die zur Züchtung von Mikroorganismen gebräuchlichen Wärmekammern am besten geeignet.

Ich gebrauchte die Kammer von Wiesnegg, in welcher ich eine Temperatur von 20—25° unterhielt, und zwar mit gutem Erfolg, aber nur in dem Sinne, dass ich die Härtungsperiode im Bichromat bedeutend abkürzen, die Reaction viel früher als sonst und in ziemlich fest bestimmter Zeit erhalten konnte. So trat die Reaction in der Wärmekammer schon nach 8—10 Tagen ein und vervollkommnete sich dann bis zum 15. und 20. Tage. Dies ist, wenn man will, ein Vortheil, insofern man sich mit Sicherheit in ziemlich kurzer Zeit gewisse Präparate zu Demonstrationen verschaffen kann. Aber der Vortheil erstreckt sich nicht zugleich auf die Feinheit der Resultate, denn in allen so zubereiteten Präparaten ist die Reaction etwas grob ausgefallen. Dadurch wurde ich nicht ermuthigt, mit dieser Art von Versuchen fortzufahren, um so mehr, da der Vortheil der Abkürzung des Verfahrens auf andere, einfachere Weise erreicht werden kann, und in der Kammer die Stücke, ohne die verlangte Art der Härtung erreicht zu haben, schnell die zum Gelingen der Reaction passende Periode überschreiten, was nicht unbedeutende Nachtheile zur Folge hat.

c) Härtung in der Flüssigkeit von Erlicki (doppeltchromsaures Kali $2^1/_2$, schwefelsaures Kupfer 0,50, destillirtes Wasser 100 g). In Bezug auf diese Härtungsmethode beschränke ich mich darauf, zu bemerken, dass das dem Bichromat hinzugefügte Kupfersalz die Reaction nicht hindert, und dass übrigens diese sogenannte Erlicki'sche Flüssigkeit dieselben Vortheile und Nachtheile gewährt, wie die vorhergehende Methode (Wärmekammer), sie beschleunigt also wohl die Härtung, so dass man in wenigen Tagen (6—8—10) durch Einbringen der Stücke in die Silberlösung die Schwarzfärbung der verschiedenen Elemente des Nervengewebes erhalten kann, die Resultate aber sich der Feinheit nicht rühmen können. Ausserdem wird der Zeitpunkt sehr schnell überschritten, wo man mit Vortheil die Reaction versuchen kann.

Da es mir schien, dass die beschränkte und nicht hinreichend feine Form der Reaction zum Theil der zu schnellen Einwirkung der härtenden Flüssigkeit zuzuschreiben sei, so wollte ich dieselbe schwächen, indem ich sie in allmählich steigender Menge mit Müller'scher Flüssigkeit mischte (Flüssigkeit von Erlicki 20—50 Proc., Flüssigkeit von Müller 80—50 Proc.). Die durch diese Abänderung erhaltenen Resultate waren entschieden gut. Nach nur 5—6—8-tägiger Aufbewahrung in einer solchen Flüssigkeit erhielt ich Präparate, welche auch in Beziehung auf die Feinheit des Resultates einen gewissen Werth haben, so dass es mir scheint, diese Abänderung könne zum Zweck einer raschen Demonstration der Zellformen empfohlen werden. Was die feinsten Einzelnheiten betrifft, besonders das Verhalten des functionellen Fortsatzes der Ganglienzellen und der Nervenfasern, so finde ich, dass das erste Verfahren immer vorzuziehen ist, oder auch das folgende.

2. Methode der auf einander folgenden Wirkungen einer Mischung von Osmiumsäure mit Bichromat und des Silbernitrats.

Auch dieses Verfahren ist nur eine Abänderung des ursprünglichen; aber theils weil die nicht bedeutenden Aenderungen der Resultate, welche es liefert, und der Behandlung, welche es verlangt, wesentlich dem neu hinzugefügten Reagens zuzuschreiben sind, theils weil der so modificirte Process im Stande ist, einigen Unannehmlichkeiten der beschriebenen, ursprünglichen Methode abzuhelfen, so verdient es in der Darstellung einen besonderen Platz, als eine eigene Methode.

Man kann es auf zweierlei Art anwenden, nämlich:

a) durch directe Einlegung kleiner Stücke ganz frischen Nervengewebes in eine Mischung von Bichromat und Osmiumsäure (2- bis $2^1/_2$-proc. Lösung von Bichromat 8 Theile; 1-proc. Lösung von Osmiumsäure 2 Theile).

Mit diesem Verfahren erhält man die Schwarzfärbung am schnellsten. Schon am 2. oder 3. Tage kann man durch Uebertragung in die Silberlösung (man sehe die Anweisung zu dem Verfahren bei der Beschreibung der ursprünglichen Methode) die Schwarzfärbung einer grossen Zahl von Nervenelementen erreichen. An den unmittelbar darauf folgenden Tagen breitet sich die Reaction aus, um dann gewöhnlich wieder abzunehmen und gegen den 10. oder 12. Tag ganz aufzuhören.

Die Behandlung der makro- und mikroskopischen Präparate, welche man auf diese Weise erhalten hat, muss bedeutend abgeändert werden. Abweichend von dem Verhalten der nach der ersten Methode zubereiteten Stücke werden die nach dem hier besprochenen Verfahren behandelten, wenn man sie zu gelegentlicher Benutzung lange aufhebt, bald diffus geschwärzt und dadurch unbrauchbar. Sie müssen daher in derselben Silberlösung aufbewahrt werden, welche zu der Reaction gedient hat. Dann werden sie in reinen Alkohol übertragen, welchen man erneuern muss, um nicht länger als 2 Tage darin zu verweilen, wenn man Zeit hat, die Schnitte zu machen und diese der beschriebenen Behandlung zu unterwerfen (absoluter Alkohol mit wiederholter Auswaschung, Kreosot, Terpentinöl, Dammarfirniss), welche zu ihrer dauernden Aufbewahrung als mikroskopische Präparate nöthig ist.

Obgleich diese erste Anwendungsart der Osmium-Bichromatmischung sichere und, was die Feinheit betrifft, befriedigende Resultate liefert, so finde ich doch, dass zu einem methodischen Studium irgend eines bestimmten Theiles des Nervensystems die folgende Methode bei weitem vorzuziehen ist:

b) Einbringung der frischen Stücke in die Bichromatlösung; erste Uebertragung in eine Osmium-Bichromatmischung; zweite Uebertragung in die Silbernitratlösung.

Anders, als bei dem vorhergehenden Verfahren, wo die Reihe der zu untersuchenden Gewebsstückchen nach wenigen Tagen unbrauchbar wird, verhält es sich mit diesem zweiten. Hier werden die Stücke frisch (mit oder ohne Injection) in die Bichromatlösung eingelegt und bleiben, so zu sagen, in der Hand des Forschers; sie können entweder sogleich oder später in einem Zeitraume untersucht werden, welcher zwischen 3 bis 4 und 25 bis 30 Tagen nach der Einlegung schwankt. Wenn man während dieser ganzen Zeit in Zwischenräumen von 2—3—4 Tagen einige Stückchen in die Osmium-Bichromatmischung überträgt, so bekommt man ebenso viele secundäre Reihen von Stückchen, welche einzeln (1—2 auf einmal) in die Nitratlösung eingebracht werden und vom 3. oder 4. Tage ihres Aufenthaltes in der Mischung an bis zum 8. oder 10. mit Sicherheit Präparate mit allen auf einander folgenden Abstufungen und Combinationen, wie sie bei der ursprünglichen Methode beschrieben worden sind, und von der überraschendsten Feinheit liefern.

Nachbehandlung. Aufbewahrung der Stückchen in der Silberlösung; reiner Alkohol 2 bis 3 Tage lang, bis man Zeit hat, die Untersuchung vorzunehmen; fleissiges Auswaschen der Schnitte mit absolutem Alkohol; Kreosot, Terpentinöl, Dammar; Einlegen ohne Deckglas.

Dies ist die Methode, welche jetzt von mir zum Nachweis der feinsten Besonderheiten in dem Baue des Centralnervensystems mit Vorliebe angewendet wird. Besondere Gründe der Bevorzugung sind folgende: 1) Die Sicherheit, die Reaction in vielen Abstufungen hervorzubringen, wenn man über eine gewisse Anzahl von Stückchen verfügt. 2) Die bedeutende Dauer der Zeit, während deren man die Reaction ausführen kann, während man sie auch in wenigen Tagen erreichen kann, was eine genaue Untersuchung sehr erleichtert. 3) Die Stücke sind viel bequemer zu behandeln. 4) Endlich erhält man zugleich mit der leichten Abstufung der Resultate auch eine grössere Feinheit derselben, besonders in Bezug auf das Verhalten des functionellen Fortsatzes der Ganglienzellen.

3. Methode der auf einander folgenden Einwirkungen des doppeltchromsauren Kalis und des Quecksilberchlorids.

Sie kann ebenfalls kostbare Resultate liefern, die man darum nicht geringer schätzen darf, weil sie in mehreren Beziehungen mit den durch das Silbernitrat hervorgebrachten zusammenfallen. Ja, die besonderen Absichten, denen sie genügen kann, und ihre eigenen Vorzüge sind an und für sich so bedeutend, dass man ihr neben dem Verfahren mit Silbernitrat einen eigenen Platz einräumen muss. Die Deutlichkeit, mit welcher

die verschiedenen Elemente des Nervensystems bei dieser Reaction hervortreten, ist nicht geringer, als die durch das Silbernitrat hervorgebrachte. Auch nach der Einwirkung des Sublimats erscheinen nämlich die Elemente, wenn man sie unter dem Mikroskop bei durchfallendem Lichte betrachtet, vollkommen schwarz, und für die mikroskopische Untersuchung ist die Wirkung dieselbe, als handelte es sich um eine wirkliche Schwarzfärbung. Aber diese Farbe ist nur ein Anschein, durch die Undurchsichtigkeit der Elemente hervorgebracht, auf welche sich wahrscheinlich durch eine reducirende Wirkung Quecksilber niedergeschlagen hat. Bei auffallendem Lichte bemerkt man, dass die Elemente vollkommen weiss erscheinen, ja unter stärkerer Vergrösserung zeigen sie deutlichen Metallglanz.

Ich will sogleich bemerken, dass die besonderen Vortheile dieser Methode darin bestehen, erstens dass die Reaction an grossen Stücken stattfinden kann, ferner dass das Gelingen absolut sicher ist, ohne dass man sich an strenge Regeln über den Aufenthalt in der Härtungsflüssigkeit zu binden brauchte, und endlich darin, dass die Präparate, welche sie liefert, keine besondere Fürsorge bei der Aufbewahrung erfordern, sondern auf die gewöhnliche Weise behandelt werden können, wie die mit Karmin gefärbten Schnitte.

Was die Anwendungsweise betrifft, so unterscheidet sich die Sublimatmethode von der Silbermethode nur durch einige nebensächliche Dinge. Dieselbe besteht ebenfalls aus zwei wesentlichen Vorgängen:

a) Härtung der Stücke im Bichromat;

b) Uebertragung derselben in eine Lösung von Quecksilberchlorid und Verweilen in derselben.

a) Die Härtung im Bichromat wird ganz auf die gewöhliche Weise bewirkt. (Man sehe die ursprüngliche Methode.) Ich füge nur noch hinzu, dass die Reaction nicht auf wesentlich verschiedene Weise vor sich geht, mag man nun nach einander concentrirtere Lösungen von 1, 2, 3 Proc. anwenden oder die Stücke sogleich in MÜLLER'sche Flüssigkeit einlegen. Im Allgemeinen ist es zweckmässig, dass die Stücke etwas klein sind, aber dies ist nicht durchaus nothwendig; man erhält auch gute Resultate mit sehr grossen Stücken, ja sogar mit ganzen Gehirnen. In diesem letzteren Falle würde jedoch die conservirende Flüssigkeit lange Zeit brauchen, um durch Osmose von der Peripherie in das Innere einzudringen, und die centralen Theile könnten faulen, ehe sie ihre Wirkung erfahren hätten. Darum ist es nothwendig, eine sorgfältige Injection von Bichromatlösung vorauszuschicken, so dass das Reagens durch das ganze Organ gut vertheilt wird.

Um durch den Uebergang der Stücke in die Sublimatlösung eine hinreichend feine Schwarzfärbung einer mehr oder weniger grossen Zahl von hier und da zerstreuten nervösen Elementen zu erhalten, genügen wenige Tage des Aufenthaltes im Bichromate (6–8 und weniger, ja man kann eine Andeutung der Reaction selbst an frischem Hirngewebe erhalten, welches man unmittelbar in die Sublimatlösung eingelegt hat). Eine sehr passende Periode, um feine und verbreitete Resultate zu erhalten, ist die Zeit zwischen dem 20. und 30. Tage. Uebrigens sind auch viel länger dauernde Härtungen (von 2, 3, 4 Monaten und mehr) durchaus nicht ungeeignet für die Reaction; in vielen Fällen scheint das vorzügliche Gelingen der Reaction dadurch begünstigt zu werden. Ich erinnere mich unter anderem, an einigen ganzen Gehirnen, welche sich seit fast einem Jahre in der Bichromatlösung befanden, Reactionen von bewundernswürdiger Feinheit erhalten zu haben.

Man begreift, dass diese Unbestimmtheit der Zeit einen sehr vortheilhaften Umstand bildet, denn sie erlaubt, Stücke noch zu benutzen, welche ausserdem unbrauchbar gewesen wären.

b) Uebertragung der Stücke in die Sublimatlösung.

Die von mir gebrauchte Lösung enthält 0,50 Proc. Quecksilberchlorid. Doch habe ich mich überzeugt, dass das Verfahren ebenso gut gelingt, wenn die Lösung schwächer (0,25-proc.) oder stärker (1-proc.) ist. In diese Lösung werden die Stücke unmittelbar aus der Bichromatlösung eingetragen.

Die Reaction in der ganzen Dicke des Stücks erfolgt viel langsamer, als mit dem Nitrat. Wenn sich die Stücke im passenden Härtungszustande befinden, so genügen bei diesem 24—48 Stunden. Bei dem Sublimat dagegen, wenn das Reagens die ganze Dicke des Stücks durchdringen soll, sind bei kleinen Stücken nicht weniger als 8 bis 10 Tage nöthig und viel mehr (bis über 2 Monate), wenn es sich um grosse Stücke (ganze Gehirne) handelt. Hierbei muss man auch die Dauer der Einwirkung des Bichromats berücksichtigen: je länger diese gewesen ist, desto länger muss auch der Aufenthalt im Sublimat sein, aber desto vollständiger und zierlicher gelingt auch die Reaction.

Während des Verweilens der Stücke in der Sublimatlösung geschieht es, dass das Bichromat, mit welchem das nervöse Gewebe getränkt ist, durch Diffusion austritt und die Flüssigkeit verunreinigt; dieses nimmt eine gelbliche Farbe an, während die Stücke immer blasser werden. Daher muss, besonders zu Anfang der Immersion, die Sublimatlösung täglich durch andere, reine ersetzt werden. Später wird die Erneuerung nur vorgenommen, so oft die Lösung sich gelb färbt.

Man kann annehmen, dass die Reaction dann beginnt, wenn das Stück fast ganz entfärbt ist, also wenn das Gewebe fast ganz von Bichromat frei ist. Wenn man, ungefähr von dieser Zeit anfangend, täglich einige Schnitte macht und unter dem Mikroskop beobachtet, so kann man bemerken, dass die ersten Spuren der Reaction 3—4 Tage nach der Einlegung beginnen, und dass diese ersten Spuren sich durch eine Anzahl hier und da zerstreuter, kleiner, schwarzer Flecken zu erkennen geben. Nach weiteren 4 oder 5 Tagen sieht man die Zellformen allmählich vollständiger und zahlreicher, und die Reaction verbreitet und vervollständigt sich dann immer mehr. Es scheint sogar, dass man noch weitere Vortheile erlangen kann, wenn man den Aufenthalt in der Sublimatlösung auf unbestimmte Zeit verlängert und diese erneuert, so oft sie sich durch Austritt des Bichromats gelblich färbt. In Gehirnen, welche der Wirkung des Bichromats lange ausgesetzt waren und oft gerade die schönsten Reactionen liefern, kann es vorkommen, dass man die Sublimatlösung mehrere Monate lang wechseln muss, ehe diese Gelbfärbung aufhört.

Nach dem hier Gesagten besteht also noch ein weiterer Unterschied von der Wirkungsweise des Silbernitrats, denn von diesem erhält man seine ganze Wirkung in 24—48 Stunden, worauf es wirkungslos bleibt, obgleich die Stücke länger darin aufbewahrt werden können.

Auch wenn die Reaction ihr Maximum erreicht hat, bleiben die Stücke blass und zeigen das Aussehen frischen Hirngewebes, welches man leicht in Wasser abgewaschen hätte.

In der Sublimatlösung kann man die Stücke beliebig lange liegen lassen, nicht nur wegen der Möglichkeit einer weiteren Ausbreitung der Reaction, sondern auch, weil sie dadurch eine zur Ausführung feiner Schnitte sehr geeignete Härte bekommen.

Ueber die Art, wie sich die Reaction auf die verschiedenen Elemente ausdehnt, will ich nur bemerken, dass in den Stücken, welche nur jenen mässigen Grad von Härtung erfahren haben, welcher in dem ersten Monate der Einlegung in Bichromat erreicht werden kann, die Reaction nur die Ganglienzellen betrifft, und die Reduction sich nur allmählich auch auf die Nervenfasern ausdehnt. Fast nur in Stücken, welche lange im Bichromat gelegen haben und stark gehärtet sind, zeigt sich die Reaction in grosser Ausdehnung an den Nervenfasern. Ich erinnere hier an die Gehirne, welche fast ein Jahr in Bichromatlösung aufbewahrt worden waren: sie zeigten eine fast allgemeine, sehr feine Färbung der Nervenfaserbündel und ihrer feinsten Unterabtheilungen.

Behandlung und Erhaltung der mikroskopischen Präparate. Die einzige besondere Sorgfalt, welche die durch die Sublimatreaction entstandenen Präparate erfordern, ehe sie in Glycerin oder in Lack eingeschlossen werden, besteht in sorgfältiger Auswässerung. Ohne diese Vorsicht bildet sich einige Tage nach der Einschliessung auf den Schnitten ein Präcipitat in der Form eines schwarzen Staubes oder nadelförmiger Crystalle, welche sie, wenn nicht ganz verderben, so doch in hohem Grade entstellen. Uebrigens geschieht die Erhaltung der Präparate ganz wie gewöhnlich, in Glycerin, Dammarlack oder Kanadabalsam nach der nöthigen Entwässerung in absolutem Alkohol und Aufhellung in Kreosot oder Nelkenöl. Weiterhin ist keine besondere Fürsorge nöthig.

Als ich dieses Verfahren zum ersten Male beschrieb[1]), sprach ich die Ueberzeugung aus, es würde sich so weit vervollkommnen lassen, dass es feinere Resultate liefern würde, als die von mir bis dahin erhaltenen. Die Praxis hat mich später zu einigen Aenderungen veranlasst, welche es verbessert haben. Aber eine andere, wichtige Entwickelung hat dasselbe durch die beharrlichen Versuche des Dr. MONDINO erfahren, welchem es unter anderem gelungen ist, den Process mit bewundernswürdigem Erfolge auf nichts Geringeres als ein ganzes menschliches Gehirn anzuwenden. Ich will hier die eigenen Worte anführen, in denen dieser

1) CAMILLO GOLGI, Di una nuova reazione apparentemente nera delle cellule nervose cerebrali ottenuta col bichloruro di mercurio. Archivio per le Sc. med., Vol. III.

Beobachter die Vortheile zusammenfasst, welche man aus dem Gebrauche des Quecksilberchlorids für das Studium der Centralorgane des Nervensystems erreichen kann [1]).

Folgendes ist die Zusammenfassung des Dr. MONDINO:

A. Die Sublimatmethode ist die erste, durch welche man die Schwarzfärbung der Nervenzellen und ihrer functionellen Fortsätze in dem ganzen Gehirn erreichen kann, und die uns folglich in den Stand setzt, diese letzteren in ihrem Verlauf durch das Gehirn direct zu verfolgen.

Es ist kein Zweifel, dass diese Technik der wissenschaftlichen Strenge besser genügt und uns viel besser in den Stand setzt, genaue Kenntniss des so viel umstrittenen Verlaufs der Fasern im Gehirn zu erlangen, als alle bis jetzt versuchten Methoden.

Höchstens könnte man mit Hülfe diesen letzteren sehen, ob zahlreiche functionelle Fortsätze, zu Bündeln vereinigt, nach gewissen Richtungen laufen, aber mit unserer Technik kann man Faser für Faser untersuchen und ihre Anastomosen verfolgen.

B. Bei allen anderen Methoden müssen wir, um auf einander folgende Reihen von Gehirnschnitten zu erhalten, die einzelnen Schnitte in Gefässe mit der Färbeflüssigkeit bringen, und da man nicht über so viele Gefässe mit der Flüssigkeit verfügen kann, wenn man nicht ungewöhnliche Mittel besitzt, so muss man mehrere Schnitte in demselben Gefässe unterbringen und kann sie daher nur gruppenweise numeriren und nicht einzeln nach ihrer Aufeinanderfolge. Nach der beschriebenen Methode dagegen erreicht man dieses Resultat mit grosser Leichtigkeit.

C. Bei den anderen Methoden müssen die Schnitte sehr dünn sein; daher zerbrechen sie leicht, besonders wegen der verschiedenen Uebertragungen (von dem Mikrotom in die Färbeflüssigkeit, dann auf den Objectträger etc.), deren jede eine Gefahr bildet. Da die Schnitte sehr dünn sind, so werden sie auch, wenn man ein ganzes Gehirn zerschneidet, viel zahlreicher, daher grösserer Aufwand, mehr Zeitverlust und mehr Arbeit bei der Zubereitung der Präparate. Bei unserer Methode brauchen die Schnitte nicht dünn zu sein, darum sind sie weniger zahlreich und weniger Gefahren ausgesetzt; daher grosse Sicherheit, keinen einzigen Schnitt zu verlieren, geringe Kosten bei der Zubereitung und grössere Schnelligkeit bei der Verarbeitung eines ganzen Gehirns.

D. Endlich muss man bei allen anderen Methoden Farbstoffe, gewöhnlichen und absoluten Alkohol und Nelken- oder Terpentinöl gebrauchen, während wir nur ein wenig Sublimat und Kreosot anwenden, welche sehr billig sind. Bei den anderen Methoden muss man sich der Deckgläser bedienen, weil die starken Vergrösserungen, welche sie verlangen, und mit denen man doch recht wenig sieht, mit den dicken Schichten von Dammarharz nicht zu gebrauchen wären; wir bedürfen derselben nicht und vermeiden dadurch nicht nur bedeutende Kosten, sondern auch die Schwierigkeit, unter grossen Deckgläschen Luftblasen auszutreiben, wobei oft das Präparat in Gefahr kommt.

Es scheint mir, auch abgesehen von aller Ersparniss an Material, Zeit und Arbeit, ferner von der Bequemlichkeit, die im Mikrotom eingeschlossenen Stücke so zu sagen in verlorenen Augenblicken zu schneiden, ohne dass sie von der langen Berührung mit Wasser leiden, dass dieses Verfahren, welches uns zum ersten Male erlaubt, den Verlauf der Nervenfasern in Schnitten durch das ganze Gehirn zu verfolgen, einen Fortschritt in der Technik des Studiums des Centralnervensystems darstellt und den Vorzug vor allen anderen verdient.

Wenn ich die Anwendungen übergehe, welche Dr. MONDINO von dieser Methode auch für die makroskopische Untersuchung des Gehirns gemacht hat, will ich zum Schlusse hier nur nochmals versichern, dass die Sublimatmethode für das histologische Studium der Nervencentren in der mikroskopischen Technik neben den Methoden, in denen das Silbernitrat die Hauptrolle spielt, einen vorzüglichen Platz verdient.

---

1) MONDINO, Sull' uso del bichloruro di mercurio nello studio degli organi centrali del sistema nervoso. Comunic. fatta alla R. Accad. di Med. di Torino nella Seduta del 2 Genn. 1885.

X.

Die nervöse Bewegungszelle.

(Anhang.)

Bei physiologischen und pathologischen Studien über das Nervensystem haben wir jeden Augenblick Gelegenheit, über Empfindungs- und Bewegungszellen zu sprechen. Es ist daher natürlich genug, dass man mit Beharrlichkeit dem Histologen immer wieder die Frage vorlegt, ob es Thatsachen giebt, mit deren Hülfe man die beiden Zellenarten von einander unterscheiden kann.

Es ist nicht dies allein. Wenn wir uns mit Nervenstämmen beschäftigen, so giebt uns die Physiologie die Mittel an, um Empfindungsnerven von Bewegungsnerven zu unterscheiden; aber wenn wir auf ihren Ursprung zurückgehen, wissen wir dann mit Sicherheit, ob sich die Empfindungsfasern gegen die Nervenzellen anders verhalten, als die Bewegungsfasern?

Auf diese Fragen sind wir bis jetzt nicht im Stande gewesen, zu antworten, und dennoch halte ich es jetzt für möglich, ohne Rückhalt eine bestimmte, bejahende Antwort zu geben. Jedenfalls halte ich es nicht für unnütz, von dem Punkte aus, wo ich mit meinen Untersuchungen angekommen bin, auf diesen Gegenstand zurückzukommen, indem ich mir vornehme, eine auf rein histologischer Grundlage ruhende Antwort abzugeben.

Schon von den ersten Seiten dieser Arbeit an habe ich den Characteren der Form und Grösse, denen man um jeden Preis die höchste Wichtigkeit beilegen will, allen Werth abgesprochen und nachdrücklich darauf aufmerksam gemacht, dass in Bezug auf die specifische Thätigkeit an den Nervenzellen der für die Beobachtung wichtigste Theil der specielle Fortsatz ist (der nervöse oder functionelle Fortsatz), welchen sie alle besitzen und welcher sie auf absolute Weise von allen Elementen anderer Art unterscheidet. Dieser Fortsatz lässt sich an vielen Eigenthümlichkeiten von allen anderen Fortsätzen, mit denen die Nervenzellen versehen sind, unterscheiden.

Ich habe auch die Bemerkung betont, dass in Beziehung auf das Verhalten der nervösen Fortsätze die Ganglienzellen in zwei Typen getrennt werden können: 1) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz, obgleich er einige secundäre Fasern aussendet, doch den Charakter eines gut individualisirten Fadens zeigt und als solcher in den Axencylinder einer Nervenfaser übergeht; 2) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz sich vollständig zertheilt, die eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines diffusen nervösen Geflechtes Theil nimmt.

Indem ich das Vorhandensein dieser beiden Zellentypen hervorhob, habe ich mir erlaubt, die Vermuthung auszusprechen, dass die Zellen des ersten Typus, welche mit den Nervenfasern in unmittelbarer, nicht isolirter Verbindung stehen, von motorischer Natur sind und von sensitiver dagegen die des zweiten Typus, welche mit den Nervenfasern nur mittelbar in Verbindung stehen.

Dieser Deutung, ich wiederhole es, wollte ich niemals einen anderen Werth beilegen, als einer Hypothese, welche zwar wahrscheinlich, aber doch nur eine Hypothese ist, beigelegt werden kann.

Auf welche Weise können wir nun versuchen, uns der endgültigen Beantwortung der beiden oben gestellten Fragen zu nähern, welche, wie ich nicht auszusprechen brauche, für die Physiologie von höchster Wichtigkeit sind?

Die Schwierigkeiten, auf welche man bei dieser Untersuchung stösst, sind zahlreich und von verschiedener Art. Unerwarteter Weise trifft man auf die erste Schwierigkeit bei Bestimmung des Ortes, wo die Untersuchung am besten anzustellen wäre und wo man unzweifelhafte Bewegungs- oder Empfindungszellen anträfe.

Wenn wir uns, um die Frage zu vereinfachen, zuerst nur mit den ersteren beschäftigen, wo sind wir gewiss, Zellen anzutreffen, von denen wir mit vollkommener Sicherheit sagen können, dass sie der Bewegung dienen?

Sollen wir sie in der Grosshirnrinde suchen, wo wir doch von der sogenannten motorischen Zone sprechen?

Ich brauche nicht zu sagen, dass wir schweren Einwürfen entgegengehen würden. Denn da es, ohne

im Geringsten das Dasein der Bewegungszonen bestreiten zu wollen, nicht ausgeschlossen ist, dass dieselben Zonen zugleich auch eine Empfindungs- und psychische Thätigkeit äussern, so folgt daraus, dass, selbst wenn sich in ihnen Zellen von ganz besonderen Charakteren vorfänden, doch immer noch die Behauptung der Begründung entbehren würde, dass eben dieser Typus von grossen oder kleinen, runden oder spindelförmigen oder solchen Zellen, deren functioneller Fortsatz sich von allen anderen unterschiede, der Bewegung dienten und die anders gebildeten der Empfindung.

Dasselbe lässt sich vom Kleinhirne sagen, ja, hier würden wir uns auf einem noch viel verwickelteren und dunkleren Gebiete befinden.

Man möge auch nicht glauben, die Frage könne auf einen Schlag gelöst werden, wenn wir sie auf den Boden der grauen Substanz des Rückenmarks verlegen.

Allerdings haben wir hier die bekannte Unterscheidung zwischen einem motorischen Theile, aus der vor einer durch den Centralkanal laufenden Querlinie gelegenen grauen Substanz bestehend (die vorderen Säulen), und einem sensitiven Theile, dem Abschnitte der grauen Substanz, welche hinter dieser Linie liegt (die hinteren Säulen); aber ich brauche nicht den Beweis zu führen, dass wir in physiologischer Beziehung weit davon entfernt sind, diese Unterscheidung annehmen zu können. Um den Werth dieser Abgrenzung zweifelhaft zu machen, würde die Thatsache genügen, dass nicht wenige, aus den hinteren Wurzeln (der Empfindung) abstammende Fasern tief in das Gebiet der vorderen Säulen eindringen.

Jedenfalls sind die vorderen Säulen die geeignetste Stelle, um über die von mir zu Anfang aufgeworfene Frage Thatsachen von einigem Werthe aufzufinden. Aber man beachte wohl, dass wir auch in den Vorderhörnern niemals gewiss sein können, mit einer Bewegungszelle zu thun zu haben, solange wir nicht nachweisen können, dass sich an dieselbe eine den vorderen Wurzeln angehörende Faser direct ansetzt Dies ist gerade der Punkt, auf den ich in diesem letzten Abschnitte meiner Untersuchungnn meine Aufmerksamkeit ganz besonders gerichtet habe.

Ich habe schon früher daran erinnert, dass Viele behauptet haben, der nervöse Fortsatz der Ganglienzellen der Vorderhörner gehe direct, ohne irgend welche Veränderung in den Axencylinder einer Faser der vorderen Wurzeln über; ja, an dieser Stelle des Centralnervensystems wurden die ersten wichtigen Beobachtungen von Deiters über den Axencylinder-Fortsatz der Ganglienzellen gemacht. Es ist heuzutage bekannt, dass es gewissermaassen eine Folge der Lehre war, nach welcher man eine directe, isolirte Verbindung jeder Ganglienzelle mit einer entsprechenden Nervenfaser annahm, dass man zur Erklärung der functionellen Beziehungen zwischen Provinz und Provinz des Centralnervensystems und zwischen Zelle und Zelle zuerst vermuthete und dann für bewiesen hielt, dass die letzten Unterabtheilungen der protoplasmatischen Fortsätze in ein Zwischennetz übergingen.

Diese Lehre ist von mir bei mehreren Gelegenheiten bekämpft worden, und auch in dieser Arbeit habe ich mich auf das bestimmteste gegen dieselbe erklärt.

Aber obgleich ich bis jetzt auch im Rückenmarke in Bezug auf den nervösen Fortsatz seiner Ganglienzellen die beiden genannten Typen angetroffen und auch beobachtet habe, dass in den vorderen Säulen die Zellen des ersten Typus, in den hinteren dagegen die des zweiten vorwalten, so habe ich mich doch aus dem angegebenen Grunde, dass auch in die vorderen Säulen viele Empfindungsfasern eindringen, nicht für hinreichend berechtigt gehalten, mich mit Entschiedenheit über die Natur dieser beiden Zellentypen auszusprechen. Dazu kam noch, dass ich zwar viele Unterschiede in dem Verlaufe und der Bestimmung des nervösen Fortsatzes wahrgenommen hatte, aber in den Fällen, wo ich diesen Fortsatz auf eine weite Strecke zwischen den vorderen Wurzeln verfolgen konnte, sich an diesem niemals secundäre Fasern gezeigt haben.

Also bei den einzigen Zellen, welche ich mit Sicherheit für motorisch erklären konnte, wurde mir der wichtigste Beweisgrund, um sie für solche halten zu können, dadurch abgeschnitten, dass ihr nervöser Fortsatz sich nicht ebenso verhielt wie der der Zellen des ersten Typus, welche ich, wie man sagen kann, in allen Provinzen des Centralnervensystems angetroffen hatte. Bei diesem Stande der Dinge muss ich bekennen, dass ich in der Darstellung der bisher über die feinere Anatomie des Centralnervensystems vorgetragenen Thatsachen eine Lücke bemerkte, welche mich äusserst vorsichtig machte, so oft ich es für nöthig hielt, eine Erklärung der physiologischen Bedeutung dieser Thatsachen zu wagen.

Durch meine in letzter Zeit ausgeführten Untersuchungen ist es mir geglückt, in grossem Maassstabe

Eigenthümlichkeit zur Erscheinung zu bringen, welche mir auch für die oben genannten allgemeinen Erklärungen mehr Sicherheit giebt. Diese Resultate habe ich durch Veränderung der Bedingungen bei meinen Untersuchungen erreicht; die wichtigste der eingeführten Veränderungen scheint mir darin zu bestehen, dass ich nicht mehr das Rückenmark des Erwachsenen, sondern das des Neugeborenen und auch des Fötus zum Gegenstand der Untersuchung machte.

Das verschiedene chemische Verhalten, besonders das Fehlen oder die geringere Entwickelung der einhüllenden Markscheide bewirken, dass meine Reactionen auf die Nervenelemente desto feiner, zarter und verbreiteter ausfallen, je jünger das Gewebe ist.

Die bemerkenswertheste Eigenthümlichkeit in Bezug auf die Zellen, welche man mit Sicherheit motorisch [1]) nennen kann, weil ihr functioneller Fortsatz in eine Faser der vorderen Wurzel übergeht, besteht einfach darin, dass dieser functionelle Fortsatz gewöhnlich vor, oft aber auch nach seinem Eintritte in die vorderen Wurzeln eine gewisse Zahl (in der Regel wenige) von sehr feinen Fibrillen aussendet, welche sich gegen die innersten Theile der grauen Substanz umbiegen, sich hier auf complicirte Weise und ohne bestimmte Grenze weiter theilen und sich mit dem daselbst bestehenden Nervennetze von höchst verwickelter Bildung vermischen.

Ich glaube nicht, man werde sagen, dass ich der hier genannten feinen Einzelnheit übermässigen Werth beilege, und um so mehr glaube ich, dass es der Mühe werth sei, die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, weil es sich um eine Besonderheit handelt, die ich schon sowohl an den Zellen des Rückenmarks im Allgemeinen, als an denen mehrer anderer Provinzen des Centralnervensystems beschrieben habe.

Die Entdeckung, dass die gewiss motorischen Zellen der Vorderhörner in directer, aber nicht isolirter Verbindung mit den Bewegungsnerven stehen, hat schon an sich einen bedeutenden Werth zur Erklärung vieler das Rückenmark betreffenden physiologischen Thatsachen, aber auch grosse Wichtigkeit für die von mir in anderen Theilen des Centralnervensystems gemachten Befunde: erst jetzt fühle ich mich berechtigt, wenn nicht alle, so doch den grössten Theil der Beschränkungen, betreffend die physiologische Bedeutung der Zellentypen, wegzulassen.

An die Stelle des bis jetzt gebrauchten Ausspruchs: »die Zellen des ersten Typus stehen in directer, aber nicht isolirter Verbindung mit den Nervenfasern« kann jetzt mit gutem Grunde der andere treten: »die motorischen Nervenzellen stehen mit den Nervenfasern in directer, aber nicht isolirter Verbindung«.

Es ist nicht überflüssig, hier darauf aufmerksam zu machen, dass die anderen Nervenzellen, deren nervöser Fortsatz auf complicirte Weise zerfällt, jetzt mit besserer Begründung für Empfindungszellen gelten können.

---

1) Ueber die Vertheilung der motorischen Zellen in der grauen Substanz muss ich bemerken, dass es ein Irrthum wäre, ihren Sitz zum Hauptgrunde des Urtheils über ihre Function machen zu wollen. Allerdings sind die in den vorderen Säulen gelegenen Zellen ganz vorwiegend motorischer Natur, denn die allermeisten senden ihren functionellen Fortsatz zu den vorderen Wurzeln. Aber da man nicht unbedingt sagen kann, alle Zellen der vorderen Säulen setzten sich in Verbindung mit den entsprechenden Nervenwurzeln, so ist es auch nicht richtig, dass ausschliesslich die mehr oder weniger streng zu den Vorderhörnern gehörigen Zellen sich in directe Verbindung mit den vorderen Wurzeln setzen.

Ich kann versichern, dass Zellen, welche ihren functionellen Fortsatz in die vorderen (motorischen) Wurzeln schicken, in jedem Punkte des Umfangs der grauen Substanz anzutreffen sind, und zwar 1) in den Vorderhörnern (hier sind sie immer in der Mehrzahl), 2) in der Zone der grauen Substanz, welche ich die mittlere nennen will, da sie zwischen den seitlichen Strängen und dem Centralkanal liegt und eine Zwischenzone zwischen den Vorder- und Hinterhörnern bildet, 3) in den Hinterhörnern, mit Ausnahme des hinteren Randes, welcher die sogenannte gelatinöse Substanz von Rolando bildet. Hier ist es mir noch nicht gelungen, andere als solche Zellen zu finden, deren functioneller Fortsatz sich auf höchst complicirte Weise zertheilt.

In Bezug auf den functionellen Fortsatz der Nervenzellen des Rückenmarks glaube ich auch auf das Vorhandensein einer beträchtlichen Menge solcher Elemente aufmerksam machen zu müssen, welche diesen Fortsatz (der sich immer auf mehr oder weniger complicirte Weise zertheilt) direct in die Seitenstränge und deren ganzes Bereich, also sowohl in die mediane Zone (die eigentlich sogenannten Seitenstränge), als in die Uebergangszonen zu den vorderen und hinteren Strängen (antero-lateralen und postero-lateralen) senden. — Obgleich sich diese Zellen vorwiegend in der Zone von grauer Substanz befinden, welche dem medianen Theile der Seitenstränge entspricht, so kann man doch nicht sagen, dass sie eine besondere Gruppe mit bestimmtem Sitze bilden. In der That trifft man Zellen mit der genannten Bestimmung des functionellen Fortsatzes nicht nur in der bezeichneten Mittelzone, sondern auch in den Vorder- und Hinterhörnern (mit allen Uebergangszonen). Zu Zellen, welche an allen den hier genannten Stellen liegen, gehören auch die functionellen Fortsätze, welche die vordere Commissur durchsetzen und von einer Seite des Rückenmarks zur anderen verlaufen.

No. IX.

Anatomische Betrachtungen über die Lehre von den Hirn-Localisationen.

Von

C. Golgi,

Professor in Pavia.

Zusammenfassung des Verfassers [1]).

Die Wechselfälle der Lehre von den Hirnlocalisationen sind allzu bekannt, nachdem FRITSCH und HITZIG sie unter einer neuen Form und mit einer reichen Ernte von Beweisen wieder ins Leben gerufen haben, als dass ich hier die Geschichte der Art ihrer Entwickelung und der Gesichtspunkte, unter welchen sie sich in Folge der Experimente von FERRIER, MUNK, LUCIANI, TAMBURINI, ALBERTONI, SOLTMANN, CARVILLE und DURET etc. dargestellt hat, vortragen sollte.

Es wird genügen, zu erwähnen, dass die Physiologen und Kliniker mit Hülfe des reichen, von der physiologischen Beobachtung und der klinischen und anatomischen Erfahrung dargebotenen Materials folgende allgemeinen Gesetze aufgestellt haben:

1) In der Hirnrinde bestehen umschriebene, wohl begrenzte Zonen (psychomotorische Zonen), deren Aufgabe es ist, die Erregung des Willens auf verschiedene, zur Ausführung gewisser Bewegungen bestimmte Muskelgruppen zu übertragen (z. B. Adduction oder Abduction eines Gliedes). Diese Erregung wird durch die Nervenfasern fortgeleitet, durch welche die Muskelelemente mit den Zellen der entsprechenden Rindenzonen in Verbindung stehen.

2) In der Hirnrinde bestehen andere umschriebene, wohl begrenzte Zonen (psycho-sensitive Zonen), in welchen die von den Sinnesorganen kommenden Eindrücke zum Bewusstsein kommen und den Charakter von Gefühlswahrnehmungen annehmen, um dann die verschiedenen Aeusserungen des psychischen Lebens hervorzurufen. Das Vorhandensein dieser Empfindungscentra in der Rinde wird dadurch bewiesen, dass die Zerstörung gewisser Zonen der Hirnrinde das Aufhören gewisser Functionen der Empfindung verursacht, ebenso wie die Zerstörung gewisser Provinzen der Bewegungszone Lähmungen entsprechender, bestimmter Muskelgruppen zur Folge hat.

Ueber die Lage der einzelnen Centra will ich nur sagen, dass nach den Autoren die Bewegungs- oder psychomotorischen Zonen im mittleren und vorderen Theile des Gehirns (die vor und hinter der ROLANDO-schen Spalte gelegenen, die frontalen und einige der Fossa Sylvii nahe liegende Windungen), die sensiblen oder psychisch-sensiblen Zonen dagegen in dem hinteren Theile des Gehirns, besonders in den Hinterhauptswindungen liegen.

---

1) Gazetta degli Ospitali, Anno III, 1882, No. 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 71, 72.

Diese Thatsachen bilden die Grundlage der Localisation, einer Lehre, welche von der grossen Mehrzahl der Physiologen und Kliniker unterstützt wird.

Wenn wir jedoch der Frage auf den Grund gehen, so müssen wir die Bemerkung machen, dass vom physiologischen und pathologischen Gesichtspunkte aus noch mehrere dunkle Punkte vorhanden sind, die der Aufklärung durch fernere Beobachtungen harren, und dass wir noch weit davon entfernt sind, uns über gewisse grundlegende Thatsachen in Uebereinstimmung zu befinden.

Wenn wir bei diesen sich widersprechenden Auslegungen gewisser, wichtiger Thatsachen die von den angesehensten neueren Forschern gezogenen Folgerungen betrachten, so fällt es uns auf, dass von HITZIG an, der die neue Lehre aufstellte, bis zu GOLTZ die Frage, so zu sagen, eine Parabel durchlaufen hat, deren rückläufige Krümmung uns fast bis zu den wohlbekannten Lehren von FLOURENS zurückgebracht hat, welche eine vollkommene Leugnung der Localisation enthalten.

Um einige Punkte, die Lehre von den Localisationen betreffend, besser festzustellen, ist es zweckmässig, hier eine kurze Darstellung der Art und Weise zu geben, wie Einige der angesehensten Forscher sich über die Auslegung einiger Grundthatsachen dieser Lehre geäussert haben.

FLOURENS erklärt die ganze Masse des Gehirns für functionell gleichartig, d. h. in allen ihren Theilen zu denselben Functionen bestimmt, mit anderen Worten, das Gehirn sei eine physiologische Einheit und verrichte dieselben Functionen sowohl als Ganzes, wie in jedem seiner Theile. Folglich würden mehr oder weniger bedeutende Verstümmelungen dieses Organs eine vorübergehende Schwächung aller seiner Functionen hervorbringen, und wenn die Zerstörung gewisse, äusserste Grenzen überschritte, so würde zugleich jede Möglichkeit einer psychischen und sensitiven Thätigkeit aufhören. Folglich könnten nach FLOURENS die Functionen eines zerstörten Theiles durch das Uebrigbleibende vollkommen ersetzt werden, wäre es auch nur gering, ebenso wie die Function gewisser Drüsen, wenn sie exstirpirt werden, durch die zurückgebliebenen gleichartigen Drüsen ersetzt werden.

Man muss übrigens daran erinnern, das FLOURENS sich fast ausschliesslich auf Experimente an Tauben stützte.

Dieser Ansicht von FLOURENS gegenüber steht die Lehre von HITZIG, nach welcher die graue Substanz der Hirnwindungen in zahlreiche, verschiedene Zonen (Centra) getheilt ist, von denen jeder wesentlich verschiedene Functionen zukommen; sie behauptet, dass diese Centra die einzigen Wege sind, auf denen verschiedene psychische Thätigkeiten, sich in Bewegung verwandelnd, fortgeleitet werden, und erklärt es folglich für unmöglich, dass die Functionen eines zerstörten Theiles durch einen anderen Abschnitt der Hemisphären ersetzt werden könnten: diese Lehre stellt für uns eine gründliche Umwälzung dar.

Zwischen diesen beiden Lehren giebt es vermittelnde Ansichten, welche etwas von beiden annehmen und die Extreme ausschliessen.

SOLTMANN z. B. giebt nicht zu, dass ein Abschnitt einer Hemisphäre durch irgend ein anderes Segment derselben Hemisphäre ersetzt werden könne; aber er nimmt an, der Substanzverlust einer Seite könne durch Vermehrung der Function des symmetrisch gegenüberliegenden Abschnitts der anderen Seite ausgeglichen werden.

Er erwähnt auch die Hypothese, die Function zerstörter Stellen des Grosshirns könne durch das Kleinhirn ersetzt werden.

Eine der SOLTMANN'schen ganz entgegengesetzte Meinung, welche theilweise zu der Lehre von FLOURENS zurückkehrt, wurde durch die Versuche von CARVILLE und DURET gestützt. Nachdem die durch Zerstörung der Rindencentra der einen Seite entstandenen Lähmungserscheinungen verschwunden waren, zerstörten sie die gleichnamigen Centra der anderen Hemisphäre und bemerkten, dass nach dieser zweiten Operation die Lähmung nicht auf beiden Seiten eintrat, sondern nur in den Gliedern der gegenüberliegenden Seite. Selbst nach der gleichzeitigen Zerstörung der Centra auf beiden Seiten beobachteten sie, dass die Lähmung allmählich aufhören und die regelmässige Bewegung sich mit derselben Schnelligkeit wiederherstellen kann. Die erste Thatsache halten CARVILLE und DURET für einen unwiderleglichen Beweis gegen die Hypothese SOLTMANN's, und in Folge der zweiten nehmen sie an, die Functionen zerstörter Theile der Hemisphären könnten durch benachbarte Theile verrichtet werden. Obgleich diese beiden Forscher sich für die Lehre von den Localisationen erklären, so weicht doch ihre Lehre von der HITZIG's bedeutend ab, welcher keine andere

functionelle Stellvertretung annimmt, als eine durch sehr beschränkte Hirntheile geleistete, welche dieselben Functionen verrichtet, wie der zerstörte Theil.

Wir finden in FERRIER einen der wichtigsten Parteigänger der Lehre von der Localisation, aber wir finden zugleich, dass seine Erklärung einiger experimentellen Thatsachen nicht mit der von Anderen gegebenen übereinstimmt. Um z. B. die Verschiedenheit der Wirkung zu erklären, welche die Zerstörung der Rindencentra bei verschiedenen Thieren hervorbringt, nimmt er an, »dass die verschiedenen Thierarten von Geburt an einen wechselnden Grad primitiver Organisation der Bewegungsfähigkeit in den Hirncentren besitzen«. Diese Organisation der Bewegungsfähigkeit bringt nach FERRIER den Automatismus der Bewegungen hervor, welcher am stärksten bei Fischen, Fröschen und Tauben, weniger bei Kaninchen, noch weniger bei Katzen und Hunden entwickelt ist und bei Affen und Menschen sich kaum findet. Das Corpus striatum bildet nach FERRIER den Mittelpunkt, an welchem die Bewegungen, welche zuerst vom Willen abhängen, sich zu organisiren und automatisch zu werden streben; hier findet sich gewissermaassen eine Wiederholung jedes Rindencentrums. Bei einem seiner Rindencentra beraubten Thiere würde die Bahn von dem Reize zu der Bewegung unmittelbar durch die unteren Ganglien gehen, ohne zu den Rindencentren, welche nicht mehr vorhanden sind, hinauf- und wieder herabzusteigen. Nach FERRIER könnte ein solches Thier sehr wohl alle automatischen (locomotorischen) Bewegungen ausführen, welche in diesen Ganglien organisirt sind, aber es wird ihm unmöglich sein, alle ihm nicht eigenthümlichen Bewegungen auszuführen, die es durch Erziehung und Uebung des Willens gelernt haben kann.

Dieser Forscher hält also die Wiederherstellung der freiwilligen Bewegung bei dem Thiere (Hunde), welches seiner Bewegungscentra in der Rinde beraubt ist, für nur scheinbar; in Wirklichkeit bleibt ihm nur das, was an ihm automatisch, oder in den unteren Ganglien organisirt war; dagegen wäre Alles, was es durch Erziehung oder freiwillige Uebung erworben hat und was in den unteren Ganglien noch nicht organisirt war, vollständig und endgültig verloren und gelähmt. Durch diese Ideen will FERRIER jedes Zugeständniss an die Lehre der functionellen Vertretung zurückweisen, welche er für durchaus unverträglich mit der Lehre von den Localisationen erklärt.

Ich würde die Grenze, welche ich mir gezogen habe, nämlich eine blosse Erwähnung der vorzüglichsten Streitfragen über die Lehre von den Localisationen, überschreiten, wenn ich mich damit aufhalten wollte, zu beweisen, dass FERRIER, der doch zu den entschiedensten Parteigängern dieser Lehre gehört, fast dahin gelangt, sie durch seine Folgerungen fast ganz zu verleugnen. Uebrigens verweise ich den Leser auf die Kritik, welche LUCIANI und TAMBURINI in den beiden wichtigen, über diesen Gegenstand publicirten Arbeiten geliefert haben [1]). Auch diese beiden Autoren begleiten wir nicht bei der Discussion, welche ihren, durch neue Experimente gestützten Folgerungen vorhergeht.

Dagegen können wir nicht umhin, hier einige von den Schlüssen LUCIANI's und TAMBURINI's anzuführen, welche sich auf die hier von uns zusammengefassten Streitigkeiten beziehen, um so mehr, da sie am besten mit den anatomischen Thatsachen übereinstimmen.

1) Um die Wiederherstellung der Lähmungserscheinungen zu erklären, kann man unmöglich die Idee des functionellen Ersetztwerdens durch die benachbarten Zonen, noch durch die der anderen Hemisphären annehmen, noch auch das Auftreten der psycho-motorischen Function in den Centren der Basis, sondern man muss glauben, dass diese letzteren ebenfalls im physiologischen Sinne Centra der freiwilligen Bewegung sind, dass die Entwickelung oder Vervollkommnung dieser Function die Heilung der Lähmungserscheinungen hervorbringt, und zwar desto schneller, je mehr diese Function im Normalzustande bei ihnen entwickelt war.

2) Die Ausgleichung der Gesichts- und Gehörsstörungen in Folge der Zerstörung der betreffenden Centra auf nur einer Seite findet, wenigstens zum Theil, durch die Centra der anderen Seite statt. Denn wenn man nach dem ganz oder fast ganz vollständigen Verschwinden der Amaurose oder Taubheit auf der rechten Seite, welche durch Zerstörung der linksseitigen Centra hervorgebracht war, die rechtsseitigen Centra wegnimmt, so zeigt sich die Störung nicht nur auf der linken Seite, sondern auch auf der rechten Seite, wo sie verschwunden war.

1) LUCIANI e TAMBURINI, Sulle funzioni del cervello. Riv. sperim. di freniatria e med. legale, 1878. — LUCIANI e TAMBURINI, Sulle funzioni del cervello. Seconda comunicazione: Centri psico-sensori corticali. Riv. sperim. di freniatria e medicina legale, 1879.

3) Die Ausgleichung, welche nach unvollständigen Verstümmelungen auf beiden Seiten auftritt, wird durch die unversehrt gebliebenen Centra beider Theile hervorgebracht. Und da eine Ausgleichung selbst nach der Exstirpation aller der Regionen eintritt (Rinde der beiden Gyri angulares und Lobi occipitales beim Affen), welche nach den Versuchen von FERRIER und MUNK die Rindencentra der Gesichtswahrnehmungen sind, so bleiben diese zum Theil erhalten, zum Theil stellen sie sich bald wieder her. LUCIANI und TAMBURINI nehmen an, dass ausser den Rindencentren auch basilare Centren für die Gesichtswahrnehmungen vorhanden sind, welche wahrscheinlich durch die Corpora bigemina und die Thalami optici dargestellt werden. In diesem Falle würde die Ausgleichung durch eine functionelle Zunahme der genannten basilaren Ganglien zu Stande kommen.

Die bis jetzt genannten Forscher gehören alle zu den Vertheidigern der Localisationen, obgleich es ihnen schwer wird, die Resultate ihrer Beobachtungen mit ihrer Lehre in Einklang zu bringen. Indessen finden wir unter den ausgezeichnetsten modernen Physiologen andere, darunter GOLTZ, welche zwar die von HITZIG, FERRIER, SOLTMANN, CARVILLE und DURET angeführten Thatsachen in Betrachtung ziehen, ihnen aber eine andere Bedeutung geben und die Localisation durchaus bestreiten. Man könnte von GOLTZ sagen, er nehme die Lehre von FLOURENS mit geringer Einschränkung an. Er behauptet in der That, es sei nicht möglich, durch die Methode der Verstümmelungen nachzuweisen, dass die verschiedenen Abschnitte der Hirnrinde für deutlich unterschiedene Functionen bestimmt sind. Nach ihm unterscheiden sich die Endresultate wenig von einander, an welcher Stelle auch die Hirnrinde verletzt worden sei. Wenn ein Unterschied vorhanden ist, so ist er nur quantitativ und hängt nur von der verschiedenen Ausdehnung der Läsion ab, welche bald nur die nicht reizbare Zone betreffen, bald sich auf die Corpora striata und die Thalami optici erstrecken kann. Die unmittelbar auf Verletzungen der Hirnrinde, welche nach seiner Methode ausgeführt worden sind (Abtragung der Hirnrinde durch einen continuirlichen Wasserstrahl unter starkem Drucke, welcher auf die entblösste Oberfläche des Gehirns gerichtet wird), folgenden Lähmungserscheinungen werden von GOLTZ als Erscheinungen der Mässigung oder Hemmung (Moderation oder Inhibition) betrachtet, d. h. sie hängen nicht von der Zerstörung des Gehirns ab, sondern von einer vorübergehenden Aufhebung der Function der noch vorhandenen Hirncentra. Um das Aufhören der Lähmungserscheinungen zu erklären, welche auf die Zerstörung der Hirnrinde folgen, greift er wieder zu der von SOLTMANN nur erwähnten Hypothese, das Kleinhirn habe an diesem Vorgange Antheil, nicht in dem Sinne, als ob es Functionen übernähme, welche zunächst dem zerstörten Theile des Gehirns zukommen, sondern vielmehr insofern, als es seine eigenen, normalen Functionen wieder aufnähme, welche durch den operativen Eingriff für einige Zeit gestört worden seien. Endlich leugnet GOLTZ, dass die automatischen Bewegungen, wie Gehen, Laufen etc., ihre Centra im Grosshirn hätten; dieselben befänden sich im Gegentheil im Kleinhirn und seinen Anhängen.

Da ich bei der Anführung einiger von den Fragen, welche in Bezug auf die Localisationen aufgeworfen worden sind, nur die Absicht hatte, zu zeigen, dass selbst die grundlegenden Thatsachen der Lehre verschiedene Auslegungen erfahren haben, so übergehe ich die wichtigen Untersuchungen von ALBERTONI, MUNK, BINSWANGER, COUTY, MARCACCI und Anderen, welche die Lehre mehr zu befestigen versucht oder bekämpft haben; indem sie entweder die bekannten Thatsachen kritisch prüften oder die Experimente auf verschiedene Weise abänderten oder neue erdachten.

Jetzt fragen wir, welchen Theil die Anatomie an dieser Frage nimmt. Hat sie ihren Einfluss für oder gegen die Lehre von den Localisationen geltend gemacht? Hat sie hinreichende Thatsachen geliefert, um die Grundlagen dieser Theorie, welche sich bis jetzt auf physiologische Experimente und klinische Beobachtungen stützt, zu befestigen oder wankend zu machen?

Wenn wir uns mit den Beweisgründen begnügen wollten, welche man als die Frucht anatomischer Untersuchungen vorgebracht hat, müssten wir sagen, die Lehre von den Localisationen habe schnell in den Resultaten der mikroskopischen Anatomie eine Bestätigung gefunden. Man hat in der That gesagt und allgemein angenommen, der motorischen Function einiger Grosshirnwindungen entspreche ein besonderer histologischer, typischer Bau, welcher von den zur sensitiven Zone gehörigen Windungen abweiche. Genauer hat man angegeben, die Bewegungszone enthalte besondere Ganglienzellen, welche sich von den anderen durch ihren starken Durchmesser (Riesen-Ganglienzellen von BETZ), durch ihre eigenthümliche Lagerung und durch die Gegenwart eines besonderen Fortsatzes an der Basis (des nervösen Fortsatzes), entsprechend dem, welchen DEITERS an den Bewegungsnerven des Rückenmarks nachgewiesen hat, unterscheiden.

Kann diese anatomische Bestätigung der physiologischen Lehre unbedingt angenommen werden?

Wir wissen nicht, welche Resultate künftige, nach neuen, vervollkommneten Methoden angestellte Untersuchungen liefern werden, aber was die Behauptungen von BETZ betrifft, so stehen wir nicht an, zu versichern, dass sie für die Stützung der Lehre von den Localisationen keinen Werth haben. Nach unserer Ansicht gehören die Angaben von BETZ zu den leichten Bestätigungen, welche immer auf neue physiologische und pathologische Lehren folgen, das heisst: sie sind die Frucht vorgefasster Ideen.

Bei der Darstellung der Resultate, welche die Anatomie über diesen Gegenstand liefern kann, werden wir auf den Werth dieser Angaben zurückkommen; aber ehe wir dahin gelangen, wollen wir angeben, welche die histo-morphologischen Zustände sein müssten, damit man sagen könnte, die Anatomie unterstütze die Lehre von den Localisationen durch entsprechende Resultate, während ihr Mangel uns berechtigt, die Lehre zu leugnen.

Diese Zustände sind folgende:

1) Eigenthümlicher Bau der Grosshirnrinde, der besonderen Function der verschiedenen Theile entsprechend.

2) Isolirter Verlauf der Nervenfasern der Organe, welche bestimmt sind, die unmittelbaren Eindrücke der äusseren Welt aufzunehmen, zu jeder entsprechenden Rindenzone, und umgekehrt.

3) Eine materielle, mehr oder weniger scharfe Abgrenzung oder Grenzlinie der verschiedenen Regionen, welche zur Willenserregung jeder bestimmten Muskelgruppe oder zur Wahrnehmung der vschiedenen, von der Peripherie kommenden Sinneseindrücke bestimmt sind.

Wenn es einerseits eine durch die bekannten Thatsachen nicht gerechtfertigte Anmaassung wäre, eine entschiedene, bejahende oder verneinende Antwort auf die oben gestellten Fragen geben zu wollen, so fehlt es uns doch nicht so sehr an Kenntnissen über diesen Gegenstand, dass wir die Lösung dieser Probleme nicht wenigstens versuchen sollten. Wir glauben sogar sagen zu können, dass die feineren Untersuchungen, welche nach neuen Methoden über den feineren Bau des Centralnervensystems angestellt worden sind, eine Reihe von Resultaten geliefert haben, welche der Anatomie erlauben, zu der Lehre von den Localisationen Stellung zu nehmen, und sie nicht nur in den Stand setzen, einige der physiologischen Fragen zu beantworten, wozu sie bis jetzt unfähig war, sondern sie auch befähigen, einigen davon zuvorzukommen, indem sie einige Thatsachen erklärt, welche von Physiologen und Klinikern anders ausgelegt worden sind.

Eigenthümlichkeiten des Baues, welche den speciellen Functionen der verschiedenen Zonen der Grosshirnrinde entsprechen. Von diesem Gesichtspunkte aus muss man Gestalt, Grösse, Anordnung und Beziehungen der specifischen Elemente der Grosshirnrinde in Betracht ziehen. Wenn charakteristische Unterschiede bestehen, so müssen sie natürlich wenigstens in Beziehung auf die beiden grundverschiedenen Functionen, welche wir dem Centralnervensysteme zuschreiben, Empfindung und Bewegung, von Bedeutung sein. Es käme darauf an, festzustellen, ob z. B. in dem histologischen Bau der als sensitiv betrachteten Theile der Rinde die Form, die Grösse, die Anordnung und die Beziehungen vorwiegen, welche sich in Beziehung auf die Ganglienelemente normaler Weise in anderen Theilen des Nervensystems wiederfinden, welche ohne Widerspruch als sensitiv anerkannt werden, und ob man andererseits in den für motorisch geltenden Rindenzonen Gestalt, Grösse, Anordnung und Beziehungen der Ganglienelemente feststellen kann, welche man normaler Weise in den für motorisch anerkannten Theilen des Centralnervensystems vorfindet.

Auf diesem Gebiete treffen wir wieder mit den Untersuchungen von BETZ zusammen.

In einer im Jahre 1874 veröffentlichten Arbeit über die Grosshirnrinde des Menschen und verschiedener Thiere[1]) hat BETZ behauptet, an den Stellen, welche den motorischen Centren von FRITSCH und HITZIG entsprechen, finde man besondere, niemals von Anderen beobachtete Ganglienzellen, welche sich von den gewöhnlichen durch ihre entschieden pyramidale Gestalt, ihren grossen Durchmesser (er nennt sie Riesennervenzellen), durch ihren basalen Fortsatz (den nervösen Fortsatz), durch ihr besonderes Aussehen, ähnlich dem der Rückenmarkszellen, und durch ihre eigenthümliche Anordnung zu Gruppen oder Nestern unterschieden.

In einer neueren Arbeit[2]) beabsichtigte derselbe Autor, den genauesten anatomischen Nachweis für

1) Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra. Centralbl. f. d. med. Wissensch., No. 37 und 38, 1876.
2) Ueber die feinere Structur der menschlichen Gehirnrinde. Centralbl. f. d. med. Wissensch., No. 11, 12, 13, 1881.

das Vorhandensein von speciellen Zonen in der Gehirnrinde des Menschen zu liefern, welche sich von einander durch die Gestalt und die Anordnung der sie bildenden Theile in Schichten unterscheiden sollen. Diese Rindenzonen sollen feste, bestimmte Punkte auf der Oberfläche des menschlichen Gehirnes einnehmen, und der Unterschied in ihrem Bau könnte ein Urtheil über ihre verschiedene physiologische Function erlauben. Genauer auf die Anwendungen seiner eigenen Beobachtungen eingehend, zog BETZ den Schluss, der Bau der Oberfläche des menschlichen Gehirns liefere einen anatomischen Beweis für die Mehrheit der Functionen, welche FERRIER der Hirnrinde zuschreibt, indem er sich auf physiologische Untersuchungen am Gehirn höher stehender Affen stützt. Daher glaubt er, die Eintheilung des Gehirns in Regionen und die der Windungen in umgrenzte Theile dürfe nur auf Unterschiede im anatomischen Bau begründet werden.

Obgleich die von BETZ gelieferte Beschreibung der die Hirnrinde bildenden Elemente und der Schichten, welche durch die Anordnung dieser Elemente entstehen sollen, schon für sich hinreichen könnte, um die Richtigkeit seiner Angaben zweifelhaft zu machen, so glaubte ich doch, um durch sichere Gründe die allgemeine Frage beantworten zu können, ob charakteristische Structurverschiedenheiten in Beziehung zu den functionellen Unterschieden vorhanden sind, welche die Physiologie in verschiedenen Hirntheilen nachgewiesen hat, nichts Besseres thun zu können, als eine genaue histo-morphologische Vergleichung zwischen zwei Hirnwindungen anzustellen, welche als functionell einander entgegengesetzte Typen betrachtet werden könnten.

Zu diesem Zwecke habe ich die vordere, centrale Windung welche bekanntlich der Bewegungszone angehört, und die obere Hinterhauptswindung gewählt, welche der sensitiven Zone zugetheilt wird (Gesichtscentrum), und nicht nur die Gestalt, Grösse und Anordnung der Ganglienelemente in Betracht gezogen, sondern auch die Art und Weise, wie diese Elemente sich mit den Nervenfasern in Verbindung setzen.

Ich behalte mir vor, die Einzelnheiten dieser Untersuchungen in einer histologischen Arbeit bekannt zu machen, und beschränke mich hier darauf, folgende Schlussfolgerungen vorzulegen:

1) Zwischen der vorderen Central- und der oberen Occipitalwindung besteht kein wesentlicher Unterschied in Bezug auf die Gestalt der in der Hirnrinde zerstreuten Ganglienzellen. In beiden Windungen finden sich vier Zellentypen, nämlich: pyramidale, spindelförmige, runde und ganz unregelmässige Zellen; in beiden herrschen die pyramidalen Zellen vor und nehmen vorzugsweise die zwei oder drei oberen Fünftel der grauen Schicht ein. Dann kommen, der Häufigkeit nach, die spindelförmigen Zellen, welche sich besonders in den tiefen Schichten finden, wo Bündel von Nervenfasern vorhanden sind; die runden Zellen sind seltener und liegen unregelmässig in den verschiedenen Schichten zerstreut, besonders nach der Oberfläche zu oder in den tiefen Theilen, wo die Spindelzellen überwiegen. Uebrigens sind die Unterschiede der Gestalt durchaus secundär, sie hängen von den örtlichen Entwickelungsbedingungen ab; so lässt sich z. B. die Spindelform, welche wir vorzugsweise da in Menge gefunden haben, wo Bündel von Nervenfasern parallel gegen die Oberfläche vorrücken, dadurch erklären, dass die zwischen den Fasern liegenden Zellkörper sich wegen des Laufes der Fasern vorwiegend in der Längsrichtung entwickeln.

Die ganz unregelmässigen Formen finden sich vorzugsweise in den tiefen Theilen der Rinde, besonders in der Tiefe der Furchen, denn daselbst findet sich ein unregelmässiges Netz in Folge des Richtungswechsels der Fasern und ihrer Biegungen; in diesem Netze müssen sich die Zellkörper entwickeln.

2) Es besteht kein Unterschied im Durchmesser der Zellkörper, oder wenigstens kann man nicht sagen, die motorischen Zonen von HITZIG zeichneten sich durch die Gegenwart von ungewöhnlich grossen Zellen aus. Wenn ich meine Aufmerksamkeit auf die von BETZ sogenannten Riesenzellen richte, welche er als charakteristisch für die Bewegungszonen betrachtet, habe ich nur zu bemerken, dass ziemlich grosse Zellen, ähnlich den in der vorderen Centralwindung vorkommenden, ebenfalls in nicht geringerer Anzahl in der Windung zu finden sind, welche wir als Typus der sensitiven Windungen angenommen haben. Uebrigens hängt der Durchmesser der Ganglienzellen auch von den örtlichen Entwickelungsbedingungen ab; darum ist es natürlich, dass in den Hinterhauptswindungen, deren Rinde um ein Drittel oder Viertel weniger dick ist, als die der Seiten- und Stirnwindungen, eine grössere Menge von kleineren Zellen vorhanden ist.

3) In der Lagerung und Schichtung giebt es keinen Unterschied. In keiner von beiden Schichten lässt sich ein wirklicher Unterschied in Schichten machen, die eine geht allmählich in die andere über. Aber wenn man zur Bequemlichkeit der Beschreibung einen solchen Unterschied machen wollte, so könnte man

sowohl in der vorderen centralen, als in der oberen occipitalen Windung (abgesehen von der oberflächlichen Schicht, welche nur aus Neurogliaelementen besteht und sich mehr oder weniger in allen Windungen vorfindet) drei Schichten unterscheiden, nämlich: 1) eine obere Schicht, welche zum grossen Theil von kleinen oder mittelgrossen, pyramidenförmigen Nervenzellen eingenommen wird, und ungefähr ein Viertel der ganzen Dicke der Rinde begreift; 2) eine mittlere Schicht, von mittleren und grossen, pyramidalen Zellen eingenommen, die zwei mittleren Viertel der Rinde umfassend; und 3) eine tiefe Schicht, mittlere und grosse Pyramiden- und Spindelzellen enthaltend, wobei letztere vorwiegen; sie begreift ungefähr das letzte Viertel.

Wenn man die Resultate dieser Untersuchung in Betracht zieht, ist es unmöglich, einen Beweis für die zahlreichen Unterabtheilungen und Schichten zu finden, wie sie MEYNERT, BETZ und Andere annahmen, und zu begreifen, worauf sich die Beschreibung von einer oder zwei Körnerschichten bezieht, welche diese Forscher geliefert haben.

4) Man kann keinen Unterschied in der Art und Weise finden, wie die Ganglienzellen der beiden fraglichen Windungen sich mit den Nervenfasern in Verbindung setzen.

Dieser Punkt verlangt eine mehr eingehende Erklärung.

Bei der Untersuchung der Ganglienzellen der verschiedenen Theile des Centralnervensystems haben wir gesagt, dass man keine wesentlichen Unterschiede weder in der Gestalt, noch in der Grösse feststellen kann; die vorhandenen Unterschiede sind bloss secundär und hängen von den örtlichen Entwickelungsbedingungen ab. Dagegen finden sich Unterschiede in Bezug auf die Art, wie die Ganglienzellen mit den Nervenfasern in Verbindung treten. Diese Unterschiede sind die allein wichtigen, und nach ihnen kann man die Centralnervenzellen genau eintheilen. Ich halte es für zweckmässig, hier daran zu erinnern, dass man im Centralnervensystem zwei Typen von Nervenzellen unterscheiden kann, nämlich:

1) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz zwar einige secundäre Filamente abgiebt, aber seine eigene Individualität bewahrt und direct in den Axencylinder einer Markfaser übergeht.

2) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz sich zertheilt und in toto einen Theil des nervösen Netzes bildet, welches in allen Schichten der grauen Substanz verbreitet ist.

In Bezug auf diesen Unterschied erinnern wir auch daran, dass die aus unseren Studien über die Vertheilungsart der beiden Zellentypen folgenden Gründe der Ansicht eine Stütze gewähren, der erste Typus der Nervenzellen gehöre der motorischen oder psycho-motorischen, der zweite der sensitiven oder psycho-sensitiven Sphäre an.

Diese beiden Zellentypen nun finden sich in den einzelnen Windungen nicht von einander getrennt vor, sondern immer vergesellschaftet und vereinigt in allen Theilen der Rinde, sowohl der vorderen centralen, als der oberen Hinterhauptswindung. Man könnte höchstens sagen, der eine oder der andere Typus herrsche vor, aber etwas Gewisses lässt sich nicht behaupten.

Wenn man also in zwei Windungen, welche als functionell einander entgegengesetzt betrachtet werden können, weder Unterschiede der Gestalt, noch der Grösse, noch der Anordnung ihrer specifischen Elemente nachweisen kann, und ebensowenig Unterschiede in der Art, wie diese Elemente sich mit den Nervenfasern verbinden, aufzufinden sind, so muss man schliessen, dass bis jetzt die Anatomie nicht annehmen kann, in den Hirnwindungen beständen wesentliche Unterschiede in der Organisation, welche den durch das Experiment nachgewiesenen functionellen Verschiedenheiten entsprächen.

Als directe Folgerung aus dem Vorliegenden muss man den Schluss ziehen, dass der erste der für nothwendig erklärten Gründe, damit man sagen könnte, die Anatomie stütze die Lehre der Localisationen, vollkommen wegfällt.

Aber das ist noch nicht Alles.

Wenn wir die angeführten histologischen Thatsachen betrachten, so finden wir nicht nur Gründe gegen die strenge Trennung der beiden Hauptfunctionen, Empfindung und Bewegung, welche wir dem Centralnervensysteme zuschreiben, sondern wir finden auch positive Gründe zu der Behauptung, in den verschiedenen Rindenzonen sei keine absolute Trennung der sensitiven und der motorischen Function vorhanden, und die anatomischen Sitze dieser Functionen müssten gewissermaassen unter einander gemischt sein. Ich beziehe mich dabei auf die nachgewiesene Thatsache, dass die beiden verschiedenen Typen von Ganglienzellen, von denen die eine wahrscheinlich der motorischen oder psycho-

motorischen, die anderen der sensitiven oder psychisch-sensitiven Sphäre angehören, in den verschiedenen Rindenzonen der beiden Windungen, welche jetzt unsere Aufmerksamkeit auf sich gezogen haben, beständig gemischt vorkommen.

Dieser rein anatomischen und histomorphologischen Folgerung gegenüber freue ich mich, constatiren zu können, dass dieser Schluss mit den Angaben des physiologischen Experiments, sowie der klinischen und anatomisch-pathologischen Beobachtung übereinstimmt.

Es wird nicht unnütz sein, mit wenigen Worten an die Art zu erinnern, wie diese physiologisch-klinische Ansicht geäussert worden ist.

Schon vor einiger Zeit hatte TAMBURINI in einer interessanten Studie über die Physiologie und Pathologie der Sprache, als er von den phycho-motorischen Centren sprach, die Hypothese aufgestellt, diese Centra könnten als gemischt betrachtet werden, das heisst, sie enthielten zu gleicher Zeit die Centra der Empfindung und die der Bewegung; er drückte sich so aus: »Jedes dieser motorischen Centra der Rinde wäre zugleich ein Mittelpunkt der Wahrnehmung der Empfindungsreize, welche von einem Körpertheile ausgehen, und der Ausgangspunkt der centrifugalen Willenserregung für die Muskeln dieses Theils.« Zur Stütze dieser Hypothese entnahm er den Experimenten FERRIER's, sowie denen, welche er mit LUCIANI über die psycho-sensitiven Centra angestellt hatte, neue, schärfere Gründe. »Die natürlichste Erklärung der untersuchten Thatsachen«, schlossen diese beiden Beobachter, »ist diejenige, dass diese Rindenzonen, welche ohne Zweifel die sensitiven Centra des Gesichts und Gehörs sind, auch besondere Bewegungscentra für die Muskeln der betreffenden Sinnesorgane enthalten müssen (Augapfel, Ohrmuschel).«

Einige Versuche von FERRIER über die psycho-sensitiven Centra sprachen offenbar zu Gunsten einer Gemeinsamkeit des Sitzes oder einer Art von Uebereinanderlagerung der sensitiven und der motorischen Centra, welche jedoch auf gewisse Sinnesorgane der Peripherie und der zugehörigen Muskeln beschränkt ist.

FERRIER selbst war der erste, welcher durch die Methode der elektrischen Reizung des Gehörs und Gesichts die Bewegung der Muskeln der Ohrmuschel und des Augapfels hervorbrachte. Man muss jedoch sagen, dass dieser Beobachter diese Bewegungen als Reflexwirkungen betrachtete, welche durch die subjectiven, durch die elektrische Reizung der Hinrinde erzeugten Gesichts- und Gehörsempfindungen hervorgebracht werden.

ALBERTONI[1]) dagegen stimmt entschieden der zuerst von TAMBURINI aufgestellten Ansicht bei, d. h. er nimmt an: »dass, wenigstens bei den Thieren, die psycho-motorischen und psycho-sensitiven Centra für jeden Theil des Körpers, mit dem sie in Verbindung stehen, ebensowohl eine psycho-motorische, als psycho-sensitive Function ausüben«.

Wenn wir jetzt auf das Gebiet der Klinik und der pathologischen Anatomie übergehen, so finden wir vorzugsweise Beobachtungen, welche sich auf den Gefühlssinn und auf Läsionen derjenigen Theile der Hirnrinde beziehen, welche streng genommen der psycho-motorischen Zone angehören sollen.

Während selbst die Kliniker in Folge einiger wenigen, unklaren Beobachtungen einiger Autoren geneigt waren, die gefundenen Alterationen der Sensibilität bald mit den Parietalwindungen, bald mit den Hinterhauptslappen in Verbindung zu bringen, und während man von speciellen Localisationen des Gefühls in der einen oder anderen Zone sprach, hat TRIPIER das Verdienst, in einer im Jahre 1880 erschienenen Arbeit (Revue mensuelle, 1880, No. 1 und 2) die Aufmerksamkeit auf die innige Beziehung gelenkt zu haben, welche zwischen den einseitigen Lähmungen von Gefühl und Bewegung und den Läsionen der psycho-motorischen Rindencentra besteht. Auf wesentlich klinische Thatsachen gestützt, hat auch dieser Forscher angenommen, die motorischen Regionen der Rinde dienten zugleich für die Empfindung; auch unterliess er es nicht, diese seine Meinung durch andere Experimente an Thieren zu stützen.

Ebenso, wie TRIPIER, bewies PETRINA[2]) durch eine Reihe von Fällen, die er klinisch und auf dem Secirtische studirt hatte, dass mit der Lähmung der Bewegung immer zugleich Störungen der Sensibilität vorhanden sind, obgleich es sich nur um einfache Läsionen der Hirnrinde handelte, und besonders *in Gegenden, welche bis jetzt für motorisch gelten.*

1) ALBERTONI, Le localizzazioni cerebrali. Italia medica, 1881.

2) TH. PETRINA, Ueber Sensibilitätsstörungen bei Hirnrindenläsionen. Ein klinischer Beitrag zur Kenntniss der Functionen der Grosshirnrinde. Zeitschr. für Heilkunde, 1881.

Endlich wollen wir noch an die von EXNER[1]) gezogenen Schlüsse erinnern, welche auf das klinische und anatomisch-pathologische Studium von 167 Fällen von Läsionen der Hirnrinde gegründet sind. Sie beziehen sich ebenfalls auf die Localisation der Sensibilität. — Da er beobachtet hatte, dass in allen Fällen von Störung der Gefühlsempfindung Läsionen gefunden wurden, welche ganz oder theilweise in der ausschliesslich motorischen Region lagen (Centralwindungen), so schloss er, dass die Rindenzonen des Gefühls der verschiedenen Körpertheile im Allgemeinen ihren motorischen Rindenzonen entsprechen. Nach EXNER giebt es also in der Hirnrinde keine sensitive Rindenzone, z. B. für die obere Extremität, sondern nur eine einzige Rindenzone; hier finden alle centralen Vorgänge statt, welche sich auf diese Extremität beziehen, und geben sich einerseits als freiwillige Anregungen zur Bewegung, andererseits als durch äussere Reize hervorgebrachte Gefühlseindrücke des Gliedes, welche zum Bewusstsein kommen, zu erkennen.

Nachdem wir gesehen haben, dass die Klinik und die pathologische Anatomie mit der Physiologie übereinstimmen, um zu beweisen, dass in gewissen, bestimmten Gegenden der Hirnrinde einige Formen der Empfindungsthätigkeit von der Bewegungsthätigkeit unzertrennlich sind, wie bei den Muskelgruppen, welche den verschiedenen peripherischen Sinnesorganen angehören, als ob eine Art von Durchdringung der anatomischen Sitze dieser beiden Functionen stattfände, so ist der Schluss, den ich aus den histo-morphologischen Thatsachen gezogen habe, vollkommen gerechtfertigt.

Wenn man der Thatsache Rechnung trägt, dass die beiden verschiedenen Typen von Ganglienzellen in allen Theilen des Centralnervensystems vermischt vorkommen, so wird man auch den Schluss richtig finden, dass die Untheilbarkeit der beiden Formen der specifischen Thätigkeit des Centralnervensystems als allgemeines Gesetz für alle Provinzen dieses Nervensystems gilt. Man möge nicht sagen, dieses Gesetz habe einen verschiedenen inneren Werth, je nach den peripherischen Beziehungen der Nervenfasern, welche aus jeder Provinz oder Centralzone herkommen. Es wird eine Mischung des anatomischen Centralsitzes der Gefühls-Sensibilität und der phycho-motorischen Thätigkeit vorhanden sein, wenn es sich zum Beispiel um ein Glied handelt, dessen Nerven, obgleich sie aus den Centralwindungen entspringende Wurzeln besitzen, sich ebensowohl an die Haut (und an die verschiedenen peripherischen Organe, welche für das Gefühl oder für die verschiedenen anderen Formen der Sensibilität bestimmt sind) als an die Muskeln dieses Gliedes ansetzen. Es wird im Gegentheil eine Mischung des anatomisches Sitzes des Gesichtssinnes und der motorischen Thätigkeit vorhanden sein, welche sich auf die freiwilligen Bewegungen des Augapfels oder auf den Gesichtssinn im Allgemeinen bezieht, wenn es sich um Provinzen der grauen Substanz handelt, zu welchen Ursprungswurzeln der Nerven gelangen, welche sich peripherisch speciell mit dem Sehapparat in Verbindung setzen.

Man kann dasselbe von der Function des Geruchs und Gehörs sagen. Ich übergehe den Geschmackssinn, für welchen noch keine genauen Untersuchungen vorliegen, während für Gesicht, Geruch und Gemeingefühl die Resultate meiner histologischen Forschungen über die betreffenden Hirncentra beweisend sind.

An dieser Stelle ist es zweckmässig, an einen Satz zu erinnern, den ich schon aufgestellt habe: »Die functionellen Unterschiede der verschiedenen Hirnwindungen haben ihren Grund nicht in Besonderheiten des Baues dieser Windungen, sondern vielmehr in dem Verlauf und den peripherischen Beziehungen der Nervenfasern; die Specificität der Function der verschiedenen Hirnzonen wird durch die Specificität des Organs bestimmt, an welchem die Nervenfasern peripherisch endigen, und nicht durch einen specifischen, anatomischen Bau dieser Zonen.«

Bei diesem Gesetze der Untheilbarkeit des anatomisches Sitzes der beiden Formen der specifischen Thätigkeit des Centralnervensystems müsste man einige Ausnahmen machen, besonders eine, welche die graue Substanz des Rückenmarks betrifft, an welcher man allgemein die strenge Trennung eines motorischen Theils (Vorderhörner) und eines sensitiven Theils (Hinterhörner) annimmt. Aber es scheint, dass selbst für das Rückenmark die Ausnahme nicht als absolut betrachtet werden kann, denn aus den Versuchen von Mosso und PELLACANI[2]) folgt (in Uebereinstimmung mit mehreren von meinen histologischen Resultaten und mit

1) SIEGMUND EXNER, Untersuchungen über Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen, Wien 1881.

2) Mosso e PELLACANI, Ricerche sulle funzioni della vescica. R. Accad. dei Lincei, 1881—82, und Archives italiennes de Biologie, Vol. I, Fasc. 1 & 2.

den Versuchen von TÜRK und WOROSCHILOFF), dass einige Formen der Bewegung ausschliesslich der Thätigkeit der hinteren Stränge und dem äussersten hinteren Theile der Seitenstränge zuzuschreiben sind; wir fügen hinzu: ohne selbst den Einfluss der Hinterhörner auszuschliessen, welche in diesen Versuchen unversehrt geblieben waren, während die vorderen Hörner und Stränge und die Seitenstränge, mit Ausnahme des äussersten hinteren Theils der letzteren, zerstört worden waren.

Der isolirte Verlauf der Nervenfasern von den Organen an, welche bestimmt sind, die Eindrücke der äusseren Welt direct aufzunehmen, bis zu den entsprechenden Rindenzonen, und umgekehrt.

Wenn es in den Grosshirnwindungen keine wirklichen Unterschiede des anatomisches Baues giebt, welche den functionellen Verschiedenheiten entsprechen, findet man dann wenigstens die zweite von den Bedingungen, die wir für nöthig erklärt haben, damit man die Lehre von den Localisationen in dem strengen Sinne, den man ihr hat beilegen wollen, annehmen könne?

Der Verlauf der Nervenfasern und ihr Verhalten von den einzelnen Centralorganen an bis zur Peripherie, und umgekehrt, bleibt immer einer der dunkelsten Punkte und stellt dem Beobachter sehr ernste, vielleicht unübersteigliche Schwierigkeiten entgegen; um sie zu überwinden, hat sich die Anatomie mit der experimentellen Pathologie und pathologischen Anatomie verbündet. Die Wichtigkeit des Gegenstandes ist ebenso gross, als seine Schwierigkeit; vielleicht findet sich selbst in der Bestimmung der Wege, welche die die centripetale und centrifugale Leitung der nervösen Erregung vermittelnden Organe verfolgen, und der Wechselfälle, welche sie auf diesem Wege antreffen, der Schlüssel, welcher das Verständniss der Localisation der Functionen im Gehirn und der Beziehungen erleichtern wird, welche zwischen den verschiedenen functionellen Mittelpunkten bestehen.

Aber wenn es bis jetzt unmöglich ist, genaue Antworten über diesen Gegenstand zu geben, so ist es darum nicht weniger wahr, dass wir zur Kenntniss von Thatsachen gelangt sind, welche, wenn sie auch vereinzelt dastehen, der Anatomie eine hinreichende Stütze bieten können, um einige Behauptungen aufzustellen; wenn diese auf genaue Thatsachen begründet sind, so verlieren sie dadurch nicht an Werth, dass sie einigen, allgemein angenommenen physiologischen Lehren widersprechen.

Ich will einige von den Thatsachen anführen, welche ich meinen eigenen Studien über die verschiedenen Theile des Nervensystems entnehme; sie beziehen sich vorzüglich auf das Aussehen der Centralnervenfasern und insbesondere noch auf die Art, wie diese mit den Ganglienzellen in Verbindung treten oder von ihnen entspringen:

1) Für die eine der beiden Kategorien von Hirn-Nervenfasern, welche wir unterschieden haben, ist es mit voller Sicherheit nachgewiesen, dass sie sich nicht mit entsprechenden Zellenindividuen in unmittelbare, individuelle Verbindung setzen; die Verbindung zwischen dieser Art von Fasern und den Ganglienzellen findet indirect statt, d. h. durch ein sehr complicirtes Geflecht, für welches es nicht möglich ist, eine Grenze anzugeben.

2) Für die zweite Kategorie von Nervenfasern nehmen wir an, dass sie in directer Verbindung mit den Ganglienzellen stehen, aber wir geben durchaus nicht zu, dass diese Verbindung isolirt sei. Wenn auch die Verbindung direct ist, ist sie doch nicht isolirt, denn in der grauen Substanz setzt sich der Faden, welcher zugleich den nervösen Fortsatz einer Ganglienzelle und den Axencylinder einer Markfaser bildet, mit dem genannten, verbreiteten Geflechte durch eine grössere oder geringere Zahl von Seitenfasern in Verbindung.

3) Die Nervenfasern im Allgemeinen stehen nicht nur nicht in isolirter, individueller Verbindung mit den entsprechenden Individualitäten der Ganglienzellen, da sie vielmehr mit ausgedehnten Gruppen der letzteren verbunden sind, sondern man beobachtet sogar die entgegengesetzte Thatsache (welche übrigens eine nothwendige Folge des Vorhergehenden ist), nämlich dass jede centrale Ganglienzelle mit mehreren Nervenfasern in Verbindung stehen kann; diese Verbindung kann selbst Fasern betreffen, welche eine verschiedene Bestimmung und wahrscheinlich ganz verschiedene Functionen haben [1]).

1) Man sehe meine Beobachtungen über die Riechlappen. Archives italiennes de Biologie, Vol. I, p. 454.

4) Die Nervenfasern, welche schon zu Bündeln von bestimmter Richtung und Bestimmung gehören, zeigen keinen unabhängigen, isolirten Verlauf, sondern haben offenbar durch Fäden, welche sie von Zeit zu Zeit abgeben, und die in die benachbarten Schichten der grauen Substanz eindringen, complicirte anatomische und folglich functionelle Verbindungen.

Unter den verschiedenen Beispielen, welche ich in dieser Beziehung gesammelt habe (Fasern des verlängerten Markes, die Hirnstiele, des Markkernes des Kleinhirns), scheinen mir die sich auf die Nervenfasern der verschiedenen Markstränge, mit Inbegriff der vorderen Stränge des Rückenmarks beziehenden, besondere Wichtigkeit zu besitzen. An den nach der Methode der Schwarzfärbung behandelten Stücken kann man leicht nachweisen, dass die senkrecht laufenden Nervenfasern von Zeit zu Zeit Fibrillen abgeben, welche horizontal in die graue Substanz eindringen, wo sie sich auf mehr oder weniger complicirte Weise zertheilen. In dem Rückenmarke ist es ebenfalls leicht, Nervenzellen der einen oder anderen Zone der grauen Substanz dieses Organs zu finden (Vorder- und Hinterhörner), welche sich durch Vermittelung des nach verschiedenen Richtungen laufenden, Fibrillen aussendenden nervösen Fortsatzes mit den verschiedenen Marksträngen in Verbindung setzen; wir begreifen unter dieser Kategorie auch die Ganglienzellen, welche zu gleicher Zeit mit den seitlichen und hinteren Strängen in Verbindung stehen.

Wenn wir jetzt das Ganze der hier zusammengefassten histologischen Thatsachen betrachten, so wird man, glaube ich, behaupten können, dass in den nervösen Centralorganen die Nervenfasern nicht einen unabhängigen, isolirten Verlauf haben, sondern vielfache Verbindungen mit den Ganglienzellen eingehen.

Ohne Zweifel besteht diese Vielheit der Verbindungen in Folge eines allgemeinen Gesetzes für die nach allen Schichten der grauen Substanz (z. B. nach der Rinde der Gross- und Kleinhirnwindungen, der grauen Substanz des Markes, den gestreiften Körpern u. s. w.) bestimmten Fasern mit den Ganglienzellen derselben Schichten; diese Vielheit der Verbindungen besteht auch für Zellengruppen, welche weit von einander entfernt liegen; wahrscheinlich setzt sich auch eine und dieselbe Nervenfaser nach ihrem Eintritt in die Centra ebenfalls in vielfache Verbindung mit Zellengruppen, welche verschiedenen Provinzen angehören, z. B. dem Rückenmarke, der Medulla oblongata, dem Kerne der Basis, der Rinde der Windungen. Die complicirten Beziehungen können durch die auf einander folgenden Verzweigungen der Hauptfaser stattfinden. Wenn man zum Beispiel eine in den Marksträngen des Rückenmarks verlaufende Nervenfaser betrachtet, so könnte man mit Grund annehmen, dass sie zuerst durch die zwischen diesen Strängen während ihres Verlaufs ausstrahlenden Fibrillen vielfache Beziehungen zu den Ganglienzellen des Rückenmarks einginge; wir könnten vermuthen, dass sie dann in ihrem weiteren, senkrechten Verlaufe durch andere, secundäre Fasern andere Verbindungen mit einem oder dem anderen grauen Kerne der Medulla oblongata anknüpfte; dass dasselbe in Betreff des grauen Kernes der Basis des Gehirns stattfände, und dass sie endlich sich mit den Bündeln der Corona radiata verbände und auch complicirte Verbindungen mit verschiedenen Zellengruppen einer oder mehrerer Rindenzonen einginge. Wenn wir uns näher an die Frage über die Localisationen halten, so können wir aus dem Verlauf der Nervenfasern schliessen, dass es durchaus unmöglich ist, das Vorhandensein genau umgrenzter Zonen für die centrale Vertheilung dieser Fasern anzunehmen; höchstens können wir Gebiete von vorherrschender oder mehr directer Vertheilung zugeben. So hätten die Nervenfasern, welche von der Peripherie herkommen oder zu ihr laufen, eine innigere oder directere Verbindung mit diesen Gebieten, als mit anderen, unmittelbar benachbarten oder selbst entfernten Theilen, welche mit denselben Fasern in Verbindung ständen, aber auf weniger directe und intime Weise. Es ist unnöthig, zu sagen, dass man unter Gebieten vorherrschender Vertheilung solche versteht, welche sich durch allmähliche Uebergänge mit anderen, benachbarten vermischen, in denen sich andere Fasern vorzugsweise vertheilen.

Wenn dieses vom anatomischen Gesichtspunkte aus festgestellt ist, können wir mit demselben Recht genau abgegrenzte Zonen für die functionellen Beziehungen leugnen, besonders in dem Sinne der Localisationslehre, wie sie von Hitzig und Ferrier vorgetragen worden ist; in dieser Beziehung können wir, in Uebereinstimmung mit den histologischen Thatsachen, höchstens vorherrschende oder bevorzugte Leitungsstrassen und Provinzen von ganz unbestimmten Grenzen zugeben, welche, wenn sie auf eine vorherrschende oder elective Weise gereizt werden, auch auf eine vorherrschende Weise in einem dieser Reizung entsprechenden Sinne reagiren.

Mit Hülfe der vorgetragenen Ideen wird es uns leicht sein, einige von den Grundgedanken der Lehre

von den Localisationen zu erklären, welche, wie wir sahen, zu langen Streitigkeiten zwischen den Beobachtern geführt haben.

Für jetzt wollen wir uns damit begnügen, uns mit den Fragen über das Verschwinden oder die Ausgleichung der Lähmungserscheinungen oder Störungen der Sinne in Folge der Zerstörung verschiedener Rindenschichten zu beschäftigen, welche mehr oder weniger schnell auf die Operation folgen.

Wir haben gesehen, dass bei Gelegenheit dieser Ausgleichungen einige Autoren von Verstärkung der Function der symmetrischen Abschnitte auf der anderen Seite gesprochen haben, andere von der functionellen Vertretung der den zerstörten nahe liegenden Theile, noch andere von einem Anschein functioneller Vertretung in Folge der automatischen Thätigkeit der Basilarganglien, u. s. w.

In Bezug auf diese Fragen haben wir schon erklärt, dass die Ansicht von Luciani und Tamburini über diese Ausgleichung sich am besten mit den anatomischen Thatsachen verträgt; um das Verschwinden der Lähmungserscheinungen und der Sinnesstörungen zu erklären, sprechen sie von Entwickelung, Vervollkommnung, functioneller Zunahme anderer psycho-motorischer oder psycho-sensitiver Centra in den Basilarganglien des Gehirns (psycho-motorische Centra der Corpora striata, psycho-sensitive Centra der Corpora bigemina und Thalami optici), ohne darum die Thätigkeit der Centra der entgegengesetzten Seite oder bei der Operation vielleicht unversehrt gebliebener Theile aussschliessen zu können.

Indessen wenn ich im Allgemeinen der Annahme der grösseren Entwickelung oder der functionellen Zunahme anderer, verschiedener Theile des Centralnervensystems beitrete, so hüte ich mich wohl, an der von einigen Autoren angeregten Discussion über das Vorhandensein wahrer psycho-motorischer oder psycho-sensitiver Centra, oder über die Frage Theil zu nehmen, ob das Beiwort »psychisch« ausschliesslich den Rindencentren zukommt.

In der Ueberzeugung, dass die Bedeutung, welche wir herkömmlicher Weise dem Wort »Psyche« geben, sich auf die Gesammtthätigkeit der verschiedenen Theile des Centralnervensystems bezieht, welche ohne Zweifel um so complicirter (psychischer) sein wird, je grösser die Complication oder Entwickelung der mitwirkenden Theile ist, finde ich diese Unterscheidung nicht nur überflüssig, sondern wenn ich die isolirte Thätigkeit verschiedener Zellgruppen betrachte, bin ich geneigt, anzunehmen, dass keine wesentlichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Provinzen bestehen.

Wenn ich unter dieser Voraussetzung (in Bezug auf den Ursprung der Nervenfasern) das Vorhandensein von motorischen Centren in der Rinde und in den Basilarganglien zugestehe, so könnte ich nicht zugeben, dass die Nervenzellen der Hirnrinde von höherer Natur seien, als die Zellen der Basilarkerne und die des Rückenmarks.

Ich glaube also, dass die Ausgleichung der functionellen Störungen, welche auf die Zerstörung der verschiedenen Rindenzonen folgt, von der Entwickelung und Functionserhöhung anderer Theile abhängt; alles dieses jedoch in Beziehung zu dem Laufe der Nervenfasern und dem Verhältnisse dieser Fasern zu den verschiedenen Theilen der Centra. Wenn man die histologischen Thatsachen überlegt, welche ich in Bezug auf den Verlauf der Nervenfasern vorgetragen habe, so gelangt man in der That leicht zu der Annahme, dass bei Zerstörung der Zone der vorherrschenden oder mehr directen centralen Vertheilung einer Nervenfaser die Thätigkeit anderer benachbarter oder entfernter Zonen zunehmen muss, mit denen dieselbe Faser auf weniger directe Weise in Verbindung steht, und dass, während die functionelle Thätigkeit dieser anderen Zone stärker wird, die entsprechenden secundären Leitungsstrassen zugleich stärker hervortreten.

Wenn man diese Grundlagen annimmt, so wird es leicht sein, eine genügende Erklärung für mehrere andere Thatsachen zu geben, welche für Physiologen und Kliniker Gegenstände der Verhandlung gewesen sind und es immer noch sind. So könnten wir nicht nur leicht eine Ursache für die Ungewissheiten und Widersprüche finden, welche in Bezug auf die Abgrenzung der einzelnen Centra herrschen, sondern auch Gründe zu der Behauptung, dass es durchaus unmöglich ist, eine genaue Angabe der Grenzen durchzuführen, und dass man im Gegentheil eher eine theilweise Uebereinanderlagerung oder Durchdringung der verschiedenen Centra annehmen muss. Es wäre auch nicht schwer, eine Erklärung für die Widersprüche zu finden, welche uns in Bezug auf die topographische Lage der reizbaren Punkte entgegentreten; man kann dasselbe über die Unterschiede in der Zahl der einzelnen Zonen sagen, über die Unbeständigkeit der Beziehung zwischen einer

Bewegung und einem gegebenen Punkte der Hirnrinde, denn man kann zum Beispiel dieselbe Bewegung durch Reizung verschiedener Punkte, und verschiedene Bewegungen durch wiederholte Reizung desselben Punktes hervorrufen, u. s. w.

Endlich könnten wir, wenn wir diese Grundlagen annehmen, leicht eine Erklärung für das Wiedererscheinen der reizbaren Punkte hier und da in der Nähe der Exstirpationsnarbe der eben erwähnten Bewegungszonen finden (Binswanger).

Während ich es für unnöthig halte, mich über die oben erwähnten strittigen Punkte zu verbreiten, um die Erklärungen hervorzuheben, zu welchen wir durch die anatomischen Thatsachen hingeleitet werden, so giebt es doch einen Punkt, welchen ich in helleres Licht setzen möchte; denn das Ganze dieser Darstellung liefert uns die Mittel zu einer genaueren Beurtheilung einiger, der experimentellen Physiologie und der anatomischen Pathologie angehörenden Thatsachen.

Man nimmt allgemein an, dass bei Unterbrechung des Zusammenhangs eines peripherischen Nerven mit centripetaler Leitung von dem Punkte der Unterbrechung an bis zum centralen Ursprunge der Nervenfasern alle functionelle Thätigkeit aufgehoben sei, weil die Verbindung mit der Peripherie zerstört ist; daraus folgt auch nothwendig die Atrophie oder ein aufsteigender Entartungsprocess, welcher den ganzen Nervenstrang bis zu seinem Austritte aus den Centralorganen ergreift, sich auch auf diese verbreitet, indem er dem Laufe der entsprechenden Nervenfasern durch diese Organe folgt, und endlich auch die Schichten der grauen Substanz ergreift, welche die Endstationen oder Ausgangspunkte aller betroffenen Fasern bilden. In Folge dieser Gesetze ist die Untersuchung der centralen Alterationen in Folge der Durchschneidung einiger Nerven auf die anatomische Erforschung des wirklichen Ursprungs dieser Nerven angewendet worden. In Folge davon hat man in Beziehung auf einige Regionen, welche man für die Ursprungspunkte gewisser Nerven hielt, behaupten zu können geglaubt, dass sie es in der That nicht sind, weil man die Alterationen (Atrophie und Entartung) nicht gefunden hat, welche nach der Durchschneidung dieser Nerven durchaus hätten vorhanden sein müssen, wenn diese Theile wirklich zu ihren Ursprungscentren gehört hätten.

Umgekehrt hat man aus gleichen Gründen angenommen, dass die Zerstörung der verschiedenen Zonen der grauen Substanz (Windungen oder anderer Theile) nothwendiger Weise die Entartung oder absteigende Atrophie der Nervenfasern zur Folge haben muss, welche in der zerstörten Zone entspringen; in Folge davon hat man auch diesen durch die Entartung angegebenen Weg benutzt, um zur Kenntniss des normalen Verlaufs der verschiedenen nervösen Centralfaserbündel zu gelangen und ihre Ursprungsstellen zu bestimmen.

Das allgemeine Gesetz, dass die Atrophie unthätig gewordener Theile in den verschiedenen Organen und Geweben auf das Aufhören der Function folgen muss, ist ohne Zweifel richtig und gilt auch für die nervösen Organe in Bezug auf ihre specifische Thätigkeit, aber die Art, wie man es in jedem Falle angewendet hat, ist nicht ebenso richtig.

Wenn die allgemeine Annahme, die Nervenfasern verliefen isolirt von ihrem centralen Ursprunge zu ihrem entsprechenden, peripherischen Endpunkte und umgekehrt, wahr wäre, so würden diese Fasern also ebenso viele centripetale und centrifugale, isolirte und directe Bahnen für die nervöse Reizung darbieten, und bei Durchschneidung einer Faser mit centrifugaler Leitung oder bei Zerstörung des Organs, von welchem die centripetale Leitung ausging, hätte man das Recht, anzunehmen, dass im ersten Falle eine aufsteigende, regelmässige, ununterbrochene Atrophie bis zu der grauen Substanz, und im zweiten Falle eine regelmässige, ununterbrochene, absteigende Atrophie eintreten würde. Aber die Beziehungen der Ganglienzellen zu den Nervenfasern sind durchaus nicht so einfach und haben nicht so constante, typische Resultate. Die Nervenzellen können, wie wir gesehen haben, mit verschiedenen Leitungsbahnen in Verbindung stehen; wenn also eine Faser durchschnitten ist, welche auch Ursprungswurzeln aus einer bestimmten Zelle empfängt, so folgt daraus noch nicht, dass diese Zelle, weil sie nicht functionirt, atrophisch werden muss, denn ihre functionelle Thätigkeit kann durch andere Leitungsbahnen erhalten werden, deren Verbindungen nicht unterbrochen sind [1])

Wenn eine bestimmte Zellengruppe zerstört ist, so brauchen darum noch nicht alle Fasern, welche aus diesen Zellen entspringen, atrophisch zu werden, denn ihre Function als Organe der Leitung kann durch andere Zellengruppen unterhalten werden, mit welchen sie durch andere Wurzeln in functioneller Verbindung bleiben.

---

1) Man sehe meine Beobachtungen über die Riechlappen und das Rückenmark.

Die hier gemachten allgemeinen Bemerkungen über den Werth der Folgerungen, welche man aus den Untersuchungen über die aufsteigenden und absteigenden Alterationen ziehen will, mögen die Zurückhaltung rechtfertigen, welche ich in Bezug auf diese Studien beobachtet habe. Wenn wir uns dann zu den Versuchen wenden, welche man gemacht hat, um in grossem Maassstabe die experimentellen und anatomisch-pathologischen Resultate dieser aufsteigenden und absteigenden Alterationen auf das Studium der Localisationen anzuwenden, so ist nicht nur die grösste Vorsicht bei Annahme der gewöhnlichen Ansichten nöthig, sondern wir glauben versichern zu können, dass die Folgerungen, welche man aus den Beobachtungen für und gegen die Lehre von den Localisationen hat ziehen wollen,' bis jetzt zum grossen Theil unberechtigt sind.

Unter den zahlreichen Arbeiten über diesen Gegenstand begnüge ich mich damit, die von BINSWANGER [1]) als Beispiel anzuführen, welche zu den interessantesten gehören, sowohl wegen der Sorgfalt ihrer Ausführung, als auch wegen der Wichtigkeit der Thatsachen anderer Art, welche er bemerkt und deutlich gemacht hat.

Bei Thieren, welche lange nach der Exstirpation der motorischen Rindenzonen gestorben waren, deren Reizbarkeit vor der Operation immer durch schwache elektrische Ströme festgestellt worden war, hat BINSWANGER immer ein negatives Resultat erhalten in Bezug auf die absteigende secundäre Entartung der verschiedenen Fasersysteme des Rückenmarks. Nach der sorgfältigsten mikroskopischen Prüfung hat BINSWANGER immer die Fasern der vorderen pyramidalen Bündel und der Seitenstränge in ihrem ganzen Verlauf unversehrt gefunden, welche, wie man nach den Untersuchungen von FLECHSIG weiss, ohne Unterbrechung von der Grosshirnrinde bis zu den Vorderhörnern des Rückenmarks laufen. Aus diesen Resultaten folgt nach BINSWANGER, dass man wahrscheinlich den Endpunkt der centrifugalen Fasern nicht in dieser Rindenzone des Hundes suchen darf; darum betrachtete er diese Resultate als der Lehre von FERRIER sehr wenig günstig; nach ihm würden sie eher beweisen, dass die pyramidalen Fasern an anderen, bis jetzt unbekannten Stellen der centralen Rinde, oder in tiefer liegenden Theilen des Centralnervensystems endigen.

Können wir nun die Schlüsse BINSWANGER's als gerechtfertigt betrachten? Ist die Folgerung, der Mangel der absteigenden Entartung der Fasern des Rückenmarks und derjenigen der pyramidalen Stränge beweise, dass der Ursprung dieser Fasern nicht in der Rindenzone liegen könne, da diese Fasern vor der Operation elektrisch reizbar gewesen seien, ist diese Folgerung, sage ich, begründet?

Es ist unnöthig, zu sagen, dass wir diese Frage mit »Nein« beantworten müssen.

Die Schlüsse BINSWANGER's würden begründet sein, wenn es bewiesen wäre, dass die Fasern der vorderen und seitlichen Stränge des Rückenmarks, sowie die der pyramidalen Bündel in ausschliesslicher, directer, isolirter Verbindung mit den Ganglienzellen der exstirpirten Bewegungszonen stehen, was, wie wir sahen, nicht der Fall ist; wir müssen im Gegentheil behaupten, dass diese Fasern ebenfalls mehr oder weniger directe Verbindungen mit anderen Centren haben. Wenn nun eines dieser Centra zerstört wäre, möchte es auch das Hauptcentrum sein, so wäre das noch kein Grund, um anzunehmen, dass die Thätigkeit dieser Fasern aufgehört habe, und darum Atrophie oder Entartung auftreten müsse. Die Fasern der pyramidalen Bündel stehen noch mit andern Centren in Verbindung, in denen man im Gegentheil eine Zunahme der Thätigkeit wahrnehmen kann, folglich ist ihre Leitungsfunction erhalten, und es liegt kein Grund für das Vorhandensein der vermutheten, absteigenden Alteration vor. In diesem Augenblicke können wir aus sehr wichtigen Gründen nicht darüber sprechen, wo und in welcher Ausdehnung diese Alterationen auftreten müssen.

Wir wollen zuletzt noch auf eine andere Folgerung aufmerksam machen, welche direct die Physiologie angeht und aus den Thatsachen folgt, welche wir in Bezug auf den Verlauf der Nervenfasern erwähnt haben. Sie besteht in Folgendem: In Beziehung auf die Art der Thätigkeit der verschiedenen grauen Schichten der Centra berechtigen uns die Eigenthümlichkeiten des anatomischen Baues, welche durch die neuesten Untersuchungen bekannt geworden sind, in eben diesen Centren nicht eine individuelle, isolirte Thätigkeit jeder Nervenzelle, sondern vielmehr ein Zusammenwirken ausgedehnter Gruppen, vielleicht sogar eine Gesammtwirkung zu verschiedenen Zonen gehörender Zellgruppen anzunehmen. Aus diesem Satz folgt ein anderer, welcher eine Beschränkung eines wohlbekannten, physiologischen Gesetzes enthält. Dieser Satz ist schon von

1) BINSWANGER, Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Grosshirnrinde. Centralbl. für Nerv., Psych. und gerichtl. Psychopath., 1880.

BINSWANGER, Ueber die Beziehungen der sogenannten motorischen Rindenzone zu den Pyramidenbahnen. Arch. f. Psych. und Nervenkrankh., Bd. 11, Heft 3, 1881.

mir auf folgende Weise ausgesprochen worden: »Dem Gesetze der isolirten Leitung wird jede Grundlage entzogen, wenn man es auf die Art der Function der Ganglienzellen und der Nervenfasern der Centralorgane ausdehnen will.«

Es braucht nicht erwähnt zu werden, dass dieser Satz für dasselbe Gesetz in seiner Anwendung auf die Functionsweise der peripherischen Nervenfasern keine Geltung hat.

Materielle, mehr oder weniger genaue Abgrenzung der verschiedenen Rindenzonen, welche als Centra der Empfindungs- und Bewegungsfunction bezeichnet werden. Wenn wir sagen, dass wir in der Rinde der Hirnwindungen die Möglichkeit einer materiellen Abgrenzung von Zonen, welche mit ebenso genauen functionellen Localisationen in Verbindung ständen, durchaus in Abrede stellen, so ist dies eine nothwendige Folge, ja nur eine Wiederholung dessen, was wir über den Verlauf der Nervenfasern in den verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems gesagt haben.

Es wäre unnöthig, uns hierbei aufzuhalten. Aber um das Gesagte noch mehr zu bestätigen und zu erläutern, wollen wir hinzufügen, dass man in der Rinde der Hirnwindungen (und wahrscheinlich in allen Provinzen der grauen Substanz) das Vorhandensein anatomisch irgendwie begrenzter Zonen, sei es durch Unterschiede in der Gestalt und Grösse, oder in der Lagerung der Nervenzellen, sei es durch einen besonderen Verlauf der Nervenfasern oder durch irgend eine besondere Eigenthümlichkeit, nicht nachweisen kann, sondern es bestehen unmerkliche Uebergänge von einer Zone zur anderen, ja von einem Punkte der Rinde zum anderen, so dass es durchaus unmöglich wäre, histologisch nur annähernd anzugeben, wo, wir sagen nicht die Grenzlinie, sondern nur die Uebergangszone zwischen zwei Regionen liegt, denen ganz verschiedene Functionen zukommen sollen.

Man findet nicht nur einen unmerklichen Uebergang zwischen den einzelnen Punkten, sondern auch eine materiell nachweisbare innige Verbindung zwischen den verschiedenen Theilen, welche durch ein sehr complicirtes Geflecht bewirkt wird, zu dessen Bildung alle nervösen Elemente der verschiedenen Schichten der grauen Substanz beitragen [1]).

Diese so innige Verbindung erstreckt sich auf die ganze Rinde der Windungen, und die Furchen erster, zweiter und dritter Ordnung vermögen nicht, eine Trennung oder Unterscheidung irgend einer Art hervorzubringen, denn der innige Zusammenhang der grauen Substanz setzt sich auf dieselbe Weise auf dem Grunde der Furchen fest. An dieser Stelle bemerkt man in Folge der Krümmung, welche die Schicht macht, höchstens eine Aenderung der Regelmässigkeit in den Beziehungen der verschiedenen, sie bildenden Theile, und bisweilen auch eine Entstellung dieser Elemente, besonders der Ganglienzellen, aber niemals kann man eine wirkliche Abgrenzung auffinden.

Was die Möglichkeit betrifft, diese zweite Reihe von anatomischen Thatsachen auf das Studium der Frage von den Localisationen anzuwenden, so erkläre ich ohne Bedenken, dass ich nicht glaube, man könne dem Zusammenhang des Baues und der innigen Verbindung zwischen den verschiedenen Zonen der grauen Substanz ein grosses Gewicht beilegen. Ich will sogar zugeben, dass trotz den neuen, festgestellten Einzelnheiten die Lehre von den Localisationen bis zu einem gewissen Maasse angenommen werden müsse. Wir wissen schon, in welchem Sinne und von welchem Gesichtspunkte aus die Wichtigkeit dieser Einzelnheiten von Bedeutung ist. Nach dieser Erklärung glaube ich jedoch, hinzufügen zu sollen, dass sie noch die Wichtigkeit vermehren, welche wir vom Gesichtspunkte einiger physiologischen Principien aus (materielle Zustände durch Reflexwirkung und durch Diffusionserscheinungen) dem Nachweise des diffusen Netzes und noch mehr der Kenntniss seiner Bildung beilegen müssen, um so mehr, als eben diese Einzelnheiten mit der Idee der Localisationen in der strengen Form, wie sie von Einigen aufgefasst wird, in Widerspruch stehen.

Wenn wir endlich, um zu einem Abschluss zu gelangen, uns das Vorgetragene vergegenwärtigen, so stellt sich die Frage, nach der Art, wie sie behandelt worden ist, in einem seltsamen Lichte dar, das heisst, wir haben Schlüsse gezogen, welche mit unseren Voraussetzungen im Widerspruch zu stehen scheinen.

In der That, in Bezug auf die drei Bedingungen, welche wir vorausgesetzt und durchgegangen haben, fügten wir als Schluss hinzu:

---

1) Man sehe hierüber meine Untersuchungen: „Sull' origine centrale dei nervi.“ Giorn. internaz. delle scienze med., 1881.

1) Dass in den verschiedenen Rindenzonen keine Eigenthümlichkeiten im anatomischen oder histomorphologischen Baue (Gestalt, Grösse, Anordnung und gegenseitige Beziehungen der Elemente) vorhanden sind, welche den vermutheten oder bewiesenen Unterschieden der Function entsprächen.

2) Dass es keinen isolirten Verlauf der Nervenfasern von den die Eindrücke unmittelbar von der äusseren Welt empfangenden Organen bis zu jeder entsprechenden Rindenzone, und umgekehrt, giebt.

3) Dass es unmöglich ist, irgend eine materielle Abgrenzung zwischen den Rindenschichten wahrzunehmen, und dass wir im Gegentheil einen zusammenhängenden Bau und selbst eine innige, gegenseitige Verbindung zwischen den verschiedenen Theilen der Rinde finden, ohne Ausnahme der Zonen, welche zu ganz verschiedenen Functionen bestimmt sein sollen.

Kurz, wir haben gefunden, dass alle Bedingungen, welche wir für nothwendig erklärt hatten, um sagen zu können, die Anatomie unterstütze die Lehre von den Localisationen durch von ihr selbst herrührende Resultate, vollkommen fehlen.

Trotzdem haben wir nicht erklärt, die Anatomie sei der Lehre von den Localisationen nicht günstig, sondern Meinungen ausgesprochen, welche eine Annahme dieser Lehre ausdrücken.

Allerdings enthält die von uns angenommene Idee von der Localisation wesentliche Beschränkungen der Lehre HITZIG's und seiner Parteigänger gegenüber.

Offenbar setzt HITZIG die Specificität der Function seiner psycho-motorischen Centra in Verbindung mit etwas Specifischem, etwas der Materie Anhaftendem [1]), aus welcher diese Centra gebildet sind.

Ausserdem wäre nach seiner Lehre die Localisation in Bezug auf die functionelle Bestimmung jeder Zone nicht weniger streng und genau, als in Beziehung auf den Sitz und die Grenzen jedes Centrums; und in Folge dieser Art, die Function der Rinde zu verstehen, schliesst er durchaus die Möglichkeit aus, dass die Function eines zerstörten Theiles durch irgend einen anderen Theil der Hemisphären verrichtet werden könne; um die Wiederherstellung der normalen, durch Zerstörung von Hirnsubstanz unterdrückte Function zu erklären, glaubt er durchaus annehmen zu müssen, die diesen Functionen entsprechenden Rindencentra seien nur zum Theil zerstört worden.

Was den ersten Punkt betrifft, so müssen wir daran erinnern, dass wir auf den Mangel an Unterschieden im Bau zwischen den Rindenzonen vorzugsweise Werth gelegt haben.

In dieser Beziehung haben wir uns durch die Behauptung, dass die Verschiedenheiten der Function nicht von den Unterschieden im Bau der Rindenzonen abhängen, sondern im Gegentheil von den peripherischen Beziehungen der Fasern, welche nach diesen verschiedenen Rindenzonen hinlaufen, bis zu einem gewissen Grade FLOURENS und GOLTZ genähert, welche, wie wir wissen, die graue Substanz für homogen erklären; wenigstens entfernen wir uns damit ebenso weit von HITZIG, als wir uns FLOURENS und GOLTZ nähern.

Was den zweiten Punkt betrifft, so haben wir, indem wir die Idee der Localisation der anatomischen Thatsache der mehr oder weniger innigen Verbindung zwischen den peripherischen Theilen und den verschiedenen Hirnprovinzen durch die Nervenfasern unterordneten, die Lehre von HITZIG noch stärker eingeschränkt.

In der That haben wir erkannt, dass es keine gut begrenzten Vertheilungszonen der Nervenfasern giebt, sondern nur unbestimmte Zonen der vorzugsweisen Vertheilung mit allmählichem Uebergang und selbst theilweiser Durchdringung zu anderen benachbarten Zonen, wo sich andere Fasersysteme vorzugsweise vertheilen. Es war also logisch, nur vom physiologischen Gesichtspunkte aus, in enger Verbindung mit den anatomischen Thatsachen, das Vorhandensein der Provinzen anzunehmen, welche nicht isolirt sind, sondern ganz unbestimmte Grenzen besitzen und zum Theil auf die Nachbarprovinzen übergreifen. In diesen Provinzen gehen vorzugsweise die specifischen Hirnfunctionen vor sich und hängen mit den Organen, mit denen diese Provinzen in inniger, wenn auch nicht ganz ausschliesslicher Verbindung stehen, durch ein specielles System von Nervenfasern zusammen. Auf diese Weise schliessen wir, in gewissen Grenzen, die Möglichkeit eines gleichzeitigen Einflusses und die functionelle Stellvertretung anderer Provinzen nicht aus, welche weniger directe Verbindungenmit demselben Fasersysteme besitzen.

1) Die Rindencentra sind, nach der unklaren Definition von HITZIG, „die umschriebenen Punkte der Grosshirnrinde, welche den verschiedenen psychischen Functionen für ihren Eintritt in die Materie und für ihren Austritt aus derselben zugewiesen sind“.

Da wir die Idee der Localisation wesentlich der Kenntnis der centralen Verbindungen der verschiedenen Systeme von Nervenfasern untergeordnet haben, welche nach den verschiedenen peripherischen Organen laufen, so müssen wir offenbar auch annehmen, dass die genauere Bestimmung der Gesetze der Localisation, oder die Kenntniss der den verschiedenen Provinzen zukommenden Functionen und der Art, wie sie verrichtet werden und sich unter einander verbinden, von weiteren Entdeckungen über den Verlauf der verschiedenen Fasersysteme abhängen muss, durch welche sich die verschiedenen psycho-sensitiven und psycho-motorischen Thätigkeiten in denselben Provinzen offenbaren.

Die Vorstellung, welche uns die Anatomie über die Localisationen im Gehirn liefern kann, und welche wir sorgfältig nach den Angaben dieser Wissenschaft darzustellen versucht haben, ist gewiss sehr unbestimmt, und die Ungewissheit ist ihr Hauptzug; aber man kann sagen, dass selbst bei dieser Ungewissheit diese Vorstellung nicht nur in den Resultaten physiologischer Experimente, sondern auch in denen der klinischen und anatomisch-pathologischen Beobachtung eine starke Stütze findet.

No. X.

Ueber die Nerven der Sehnen des Menschen und anderer Wirbelthiere und über ein neues nervöses musculo-tendinöses Endorgan.

Von

C. Golgi, Professor in Pavia.

(1880.)

Hierzu die Tafeln No. 29 und 30.

I.

Bei dem Eifer, mit welchem in neuerer Zeit die anatomischen Forschungen betrieben werden, bei der Beharrlichkeit, mit welcher die kleinsten Theile unseres Körpers mit allen Beobachtungsmitteln durchsucht werden, ist es bemerkenswerth, dass so auffallende Eigenthümlichkeiten der Organisation, welche so leicht nachzuweisen und von so grosser Bedeutung für die Physiologie sind, wie die, welche ich hier zu beschreiben beabsichtige, bis jetzt von den Anatomen beiseite gelassen worden sind.

Man könnte nicht sagen, dass die Vertheilung und Endigung der Nerven in den Sehnen bis jetzt die Aufmerksamkeit der Beobachter nicht auf sich gezogen hätte; im Gegentheil finden wir unter den neuesten Arbeiten zwei, die eine von ROLLET [1]), die andere von SACHS [2]), welche sich ausschliesslich mit dem Studium dieses Gegenstandes beschäftigen; aber es lässt sich durchaus nicht behaupten, dass durch diese beiden Veröffentlichungen, besonders durch die erste, unsere Kenntnisse über die Nerven der Sehnen merklich zugenommen hätten.

ROLLET hat seine Untersuchungen auf eine einzige Sehne des Frosches beschränkt, auf die des M. sterno-radialis, aber nicht einmal an dieser einzigen Sehne wegen seiner unzweckmässigen Untersuchungsmethode [3]) ist es ihm gelungen, die richtige Endigungsweise der einzelnen Nervenfasern aufzufinden. Nach seiner Beschreibung theilt sich der für die Sehne bestimmte Nerv auf complicirte Weise und bildet einen bedeutenden Plexus von Markfasern, welcher im Innern der Sehne liegt. Die einzelnen, den Plexus bildenden Fasern setzen sich, nach einigen weiteren Theilungen, zuletzt an Endapparate an, welche ROLLET Nerven-

---

1) A. ROLLET, Ueber einen Nervenplexus und Nervenendigungen in einer Sehne. Sitzungsber. der K. Akad. der Wissensch., Mai 1876.

2) C. SACHS, Die Nerven der Sehnen. Arch. f. Anat., Phys. und wissensch. Medic., 1875 (1876 erschienen).

3) Um die Sehnennerven, welche er beschreibt, deutlich zu machen, bediente sich ROLLET verdünnter Salz- oder Salpetersäure (1 g auf 1000 ccm), worein er die Sehnen einlegte, bis sie sich in eine glasige Masse verwandelt hatten. Mit Osmiumsäure und Goldchlorid konnte er keine weiteren Einzelnheiten zur Erscheinung bringen, als mit Salpetersäure. Das Goldchlorid erklärt er sogar für nicht empfehlenswerth für die Untersuchung der Schollen, denn es verändere die feinen Einzelnheiten des Baues, auf dieselbe Weise, wie es nach seiner Meinung die Endplatten der Muskeln verändern soll

schollen nennt; innerhalb dieser theilen sie sich noch zwei-, drei-, auch viermal, wobei sie immer markhaltig bleiben, und endigen zuletzt entweder in eine Spitze verschmälert, oder mit einer Ausbreitung von unbestimmter Begrenzung.

Bei der Beschreibung der Schollen unterscheidet ROLLET an ihnen die Verzweigungen der Nervenfasern und eine Zwischensubstanz. Ueber die ersteren ist nur zu bemerken, dass sie nicht auf die Scholle beschränkt bleiben, sondern deren Grenzen überschreiten, woraus folgt, dass die Scholle nicht scharf begrenzt ist, sondern allmählich in das umliegende Gewebe übergeht. Die Zwischensubstanz besteht aus Kernen von demselben Aussehen, wie die der Nervenzellen und einer aus Körnchen gebildeten Substanz, welche in wellige, verschlungene Linien angeordnet sind, zwischen denen helle, ebenfalls als wellige, verschlungene Linien verlaufende Räume liegen, so dass ein sehr schwer zu beschreibendes Ganzes entsteht. Diese sogen. Schollen sollen nach ROLLET viel Aehnlichkeit mit den nervösen Endplatten der quergestreiften Muskeln haben, aber wenn man seine Beschreibung und seine Abbildung vergleicht, so ist es schwer, herauszufinden, worin diese Aehnlichkeit besteht [1]).

Die Untersuchungen von SACHS sind in grösserem Maassstabe und mit besserer Methode unternommen, und daher interessanter. Aber obgleich seine Beschreibung der Nervenendigungen in den Sehnen des Frosches und der Eidechse der Wahrheit sehr nahe kommt, so bringt er über die Sehnen der Vögel und Säugethiere nichts Neues. Es ist sogar auffallend, dass er zwar auch über die Sehnen dieser beiden Thierklassen besondere Untersuchungen gemacht, aber die ganz besonderen, charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche man bei ihnen findet, nicht bemerkt hat. Was die Untersuchung über die Vertheilung der Sehnennerven betrifft, so muss ich ausserdem bemerken, dass seine Resultate nur mangelhaft ausfallen konnten; so sagt er z. B. von den Vögeln, er habe keine Spur von Nerven in den Sehnen der Beine und an den Flügeln so wenige gefunden, dass man ihnen keine Wichtigkeit beilegen dürfe, während sowohl an den Beinen als an den Flügeln, Brustmuskeln u. s. w. die mit Nerven und ihren charakteristischen Endigungen versehenen Sehnen sehr zahlreich sind.

SACHS giebt drei Arten von Endigungen an. Die häufigste komme durch Zerfall der Markfasern in »ein wirres Gestrüpp von blassen Fasern zu Stande, welche sich nach allen Richtungen verflechten, wie ein Mycelium«. Er konnte nicht feststellen, ob ein Netz entstehe oder nicht; die letzten Ausläufer des Gestrüpps schienen einfach in eine Spitze auszulaufen.

Die zweite, weniger häufige Art (beim Frosche) beschreibt er folgendermaassen: »Einige Fasern strahlen pinselartig in eine Reihe blasser Fasern aus, welche lange Strecken weit verlaufen, ohne sich zu verzweigen und wahrscheinlich in Spitzen endigen.«

Die dritte soll (nur in der Sehne des M. sterno-radialis) durch Bildung eine Art von Keule endigen, in welche die Faser mit einer blasigen Anschwellung einträte [2]).

Alle diese verschiedenen Endigungsarten beziehen sich auf die Sehnen des Frosches und der Eidechse. Was die Säugethiere betrifft, bei denen er die Schwanzsehnen und das Centrum tendineum der Ratte und Katze untersucht hat, so sagt er zuerst, bei ihnen halte die Endigungsweise gewissermaassen die Mitte zwischen den beiden ersten Typen, und fügt von Einzelnheiten nur dies hinzu, dass nach dem Uebergange der Markfasern in die blassen Fäden das Bereich der Verzweigungen dieser letzteren sich weit in der Längsrichtung der Sehnen erstrecke, ohne dass daraus gestrüppartige Formen entständen, wie bei Amphibien und Vögeln; die Endigung finde im Innern der specifischen Sehnensubstanz nicht interstitiell statt, und die Verzweigungen jeder Faser seien streng auf das Gebiet einer einzigen, elementaren Sehnenfaser beschränkt [3]).

1) Um diesen Vergleich ROLLET's zu beurtheilen, muss man sich erinnern, dass er für die motorischen Nervenfasern nicht die Endigung in umschriebene Platten annimmt, wie sie allgemein an den Muskelfasern beschrieben werden, sondern der Ansicht von GERLACH und ARNDT beitritt, welche bis jetzt von keinem anderen Histologen bestätigt worden ist.

2) Die Abbildungen von dieser Endkeule, welche SACHS giebt, und der Umstand, dass es ihm, trotz zahllosen Präparaten, nur ein- oder zweimal gelang, solche Formen mit einiger Deutlichkeit zu erhalten, sowie die Thatsache, dass kein einziger von den anderen Beobachtern, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, einen solchen Befund erhalten konnte, lässt vermuthen, dass irgend ein Umstand bei der Präparation einen Irrthum veranlasst hat.

3) Ich habe geglaubt, über die Resultate der Untersuchungen von ROLLET und SACHS einigermaassen ausführlich berichten zu sollen, weil in einer angesehenen deutschen Revue (Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin, Berlin 1879) WALDEYER in der Darstellung meiner vorläufigen Mittheilung die irrige Ansicht äussert, die Endigungsweise, welche ich als neu und charakteristisch beschrieben habe, entspräche der jener beiden Beobachter.

Man kann sicher nicht sagen, der Stand der Frage sei, besonders in Bezug auf die Säugethiere im Allgemeinen, durch eine neuere Arbeit von GEMT[1]) über diesen Gegenstand geändert worden; es genüge, zu sagen, dass darin der Ausspruch vorkommt: »Die Untersuchungen der Sehnen der Säugethiere gaben negatives Resultat.« Ueber die Nervenendigungen in den Sehnen der Frösche und Eidechsen sagt er, von den einzelnen Zweigen der Markfasern gingen varicöse Fäden von verschiedener Feinheit aus, welche sich oft verästelten und hie und da anastomosirten; sie endigten frei und ohne Endanschwellungen im Gewebe, indem sie kleine Endpinsel von ovaler Gestalt bildeten, welche als kleine Flecken von violetter Farbe zum Theil mit unbewaffnetem Auge, zum Theil mit einer einfachen Linse sichtbar seien.

Wir können also, trotz der angeführten Beobachtungen, behaupten, dass wir zwar ziemlich ins Einzelne gehende Kenntnisse über die Nervenendigungen in den Sehnen der niederen Wirbelthiere (Frösche, Eidechsen) besitzen, aber das Problem der Verbindung der Nerven mit den Sehnen bei den Säugethieren im Allgemeinen und beim Menschen im Besonderen sich noch auf demselben Punkte befindet, welcher von KOELLIKER[2]) mit folgenden Worten angegeben wird, den einzigen, welche er diesem Gegenstande gewidmet hat:

»Was die Sehnen betrifft, so habe ich neuerlich auch an den kleinsten Fledermäusen wenigstens oberflächlich ziemlich zahlreiche Nervenausbreitungen gesehen. Bei den grösseren, wie bei der Achillessehne, der Sehne des Quadriceps, dem Centrum tendineum, beim Menschen dringen die Nerven zugleich mit den Gefässen auch in das Innere. In den Fascien, Sehnenscheiden und Synovialkapseln des Muskelsystems sind bis jetzt noch keine Nerven gefunden worden.«

Welche bedeutende Lücke dies in dem Bereiche der feineren Anatomie darstellt, lässt sich leicht durch die Untersuchungen beweisen, welche in letzter Zeit von Klinikern und Physiologen über einige besondere Erscheinungen der Sensibilität an den Sehnen des Menschen angestellt worden sind, und durch die Verschiedenheit der Erklärungen, die man aus Mangel einer anatomischen Grundlage von diesen Phänomenen gegeben hat[3]).

Der Hauptgegenstand meiner Untersuchungen waren die Sehnen des Menschen, aber ich habe die Beobachtungen auf mehrere andere Säugethiere (Kaninchen, Hund, Katze, Maus), auf einige Vögel (Sperling, Finke, Schwalbe), auf Amphibien (Frosch) und Reptilien (Eidechse) ausgedehnt.

Ich will bemerken, dass ich zu den am Menschen erhaltenen Resultaten durch die zuerst an der Eidechse, dann an Vögeln und dann am Kaninchen gemachten Beobachtungen geleitet worden bin, und kann schon jetzt erklären, dass die Befunde an der Eidechse für mich doppelten Werth haben, denn sie zeigten mir nicht nur eine der deutlichsten, am meisten charakteristischen Endigungsweisen der Nerven, sondern auch eine offenbare Aehnlichkeit mit der Art, wie sich die Nervenfasern in den von mir gefundenen Endorganen bei Säugethieren und Vögeln verhalten.

II.

Untersuchungen über die Eidechse. Die Sehnen der Eidechsen bieten die passendste und leichteste Gelegenheit zur Aufsuchung der Nervenendigungen in diesen Organen dar und verhalten sich darin ebenso, wie die quergestreiften Muskeln dieses Thieres, welche bekanntlich ebenfalls das beste Material zur deutlichen Nachweisung der Endapparate der motorischen Nerven abgeben.

Die Sehnen, an denen ich Nerven fand, sind: 1) zwei oder drei kleine Sehnen, welche den Muskeln der Wirbelsäule angehören; 2) einer, der nach seiner Lage dem M. sterno-radialis des Frosches entspricht; 3) zwei kleine Sehnen des Schwanzes; 4) eine andere, den Beugern der Vorderbeine angehörend; 5) eine den Extensoren zugehörige; 6) die Sehne des M. semitendinosus; 7) die Achillessehne.

Die letztere und besonders ihre untere Fläche (Palmarfläche des Hinterbeines) eignet sich am besten für diese Untersuchung, theils wegen der Menge der Nervenfasern, mit denen sie versehen ist, theils wegen der Leichtigkeit, mit welcher sie dem Thiere entnommen werden kann.

---

1) T. GEMT, Ein Beitrag zu der Lehre von den Nervenendigungen im Bindegewebe. Dissertation, Kiel 1877.
2) KOELLIKER, Handbuch der Gewebelehre, 5. Aufl., Leipzig 1867, S. 169.
3) Man sehe Kap. V dieser Arbeit.

Ueber die Art, wie die Nervenfasern an die Sehnen gelangen, giebt es kein bestimmtes Gesetz, bisweilen kommen sie von entgegengesetzten Seiten her und gelangen zu der Zone ihrer letzten Endigungen von der Ansatzstelle der Sehne an den Knochen her. Da wir wissen, dass in den Gliedern sowohl die Empfindungs- als die Bewegungsnerven von gemeinschaftlichen Stämmen gemischter Natur herkommen, so hielt ich es für unnöthig, mich bei Versuchen aufzuhalten, um zu bestimmen, aus welchem Theile in den einzelnen Fällen die nervösen Endzweige herstammten. Welche auch die Abstammung der letzteren sein möge, so ist es fast unbedingte Regel, dass die Endigungen in der Nähe der Uebergangszone von den Muskelfasern zum Sehnengewebe stattfinden; ja es kommt häufig vor, dass die Endapparate sich in den Zwischenräumen zwischen der Ansatzstelle der Fasern an die Sehnen befinden und so durch die Muskelfasern verdeckt werden; es gelingt dann erst, sie deutlich zu machen, wenn man die letzteren künstlich entfernt.

Mögen sie aus dem Innern der Muskelmassen oder aus der entgegengesetzten Richtung herkommen, so unterscheidet man die für die Sehnen bestimmten Nerven leicht von den für die Muskeln bestimmten durch die etwas verschiedene Art ihres Verlaufs und ihrer Verzweigung. Es sind allerdings Unterschiede, welche man leichter aus der Erfahrung, als aus Beschreibungen lernt; aber man kann sagen, dass z. B. die ersteren gewöhnlich lange Strecken weit in geraden Linien laufen, dass ihre Verzweigungen in bedeutenden Zwischenräumen und vorwiegend unter rechten Winkeln abgehen, und dass ihre secundären und tertiären Verästelungen ihrem Verlaufe und ihrer Verzweigung nach denselben Typus festhalten, so dass niemals jene auffallenden, baumförmigen Bildungen entstehen, welche sowohl wegen der häufigen Aufeinanderfolge der Theilungen, die meist unter spitzen Winkeln erfolgen, als auch wegen ihrer schnelleren Ankunft bei den Endorganen (Platten) für die Muskelnerven fast charakteristisch sind.

Wenn die Nervenfasern der Sehnen entweder an die äusserste Grenze der Muskelzone, oder an die Grenze zwischen Sehne und Muskel gelangt sind, so schicken sie seitlich in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen Zweige ab, welche bisweilen ohne weitere Zertheilungen nach kurzem Verlaufe ihre Markscheide verlieren und schnell in sehr feine, blasse Fäserchen zerfallen, welche durch ihre Verflechtung und Anastomosirung die umschriebenen Endnetzchen hervorbringen, welche ich weiterhin ausführlicher beschreiben werde; andere Male jedoch theilen sich diese secundären Zweige von neuem und bringen Fasern dritter und vierter Ordnung hervor, von denen jede dann zu einem entsprechenden Endapparate tritt und, wie es bei den motorischen Nervenfasern in Bezug auf die Platten der Fall ist, ihre Markscheide erst in der Nähe dieses Endapparates verliert (s. Fig. 1).

Das Aussehen der genannten Endapparate (Fig. 2 und 3), an welche, wie ich sagte, die einzelnen Markfasern zweiter, dritter und vierter Ordnung herantreten, lässt sich, obwohl es typisch ist, nur schwer genau beschreiben; aber um seine wesentlichen Eigenthümlichkeiten zu verdeutlichen, wird es genügen, zu sagen, dass die nackten Axencylinder, sobald sie die Markscheide verloren haben, sich zuerst in zwei, drei oder vier Fasern theilen, welche bald nach verschiedenen Richtungen zahlreiche andere Fibrillen aussenden; diese zerfallen ihrerseits in Fäden von äusserster Feinheit, welche durch Anastomosirung und Verflechtung mit ihren Nachbarn ein kleines Netz mit unregelmässigen Maschen und wohlbestimmten Grenzen bilden, worin man hie und da Verdickungen oder Knotenpunkte bemerkt, welches sich nicht nur auf die Oberfläche, sondern auch in die Tiefe, in die Sehnensubstanz hinein erstreckt und in seinen Maschen einige Sehnenbündel umfasst.

Die Ausdehnung in die Tiefe lässt sich nicht mit Genauigkeit bestimmen, aber sie ist sicher nicht bedeutend; die Ausdehnung nach der Oberfläche beträgt ungefähr 60—100 μ in der Länge und 40—50 μ in der Breite. Hie und da sieht man an die Fibrillen angekittet, besonders an die aus den ersten Theilungen des Axencylinders entstandenen, rundliche oder ovale, körnige Kerne mit deutlichen Umrissen, von etwas anderem Aussehen, als die zwischen den Bündeln des in der Nähe liegenden Sehnengewebes zerstreuten Kerne.

Da jeder Endapparat das Resultat der Zertheilung der einzelnen Nervenfasern zweiter, dritter und vierter Ordnung ist, so folgt daraus, dass dieselben in Gruppen vertheilt zu sein pflegen, welche in Zwischenräumen längs dem Verlaufe der Faserbündel oder der einzelnen Fasern liegen; ja nicht selten sind die netzförmigen Ausbreitungen einer Gruppe denen einer anderen so nahe, dass sie sich mit einander vermischen; dies kommt jedoch selten vor.

Bei wiederholter Präparation der Sehnennerven der Eidechse ist es mir jedoch nicht selten vorge-

kommen, dass zugleich mit den hier beschriebenen typischen Endigungen ein anderes System von Nervenfasern ohne Myelin (blasse Nervenfasern) zum Vorschein kam, welche wegen der Gegenwart mit Kernen versehener Anschwellungen und wegen der Art ihres Verlaufes und ihrer Verzweigung denjenigen Nerven ähnlich sind, welche man mittelst des Goldchlorids so leicht an den serösen Häuten im Allgemeinen und besonders am Peritoneum längs dem Laufe der Gefässe nachweisen kann. Dieses zweite System von Nervenfasern bildet im Ganzen ein weitmaschiges Netz, welches sich über grosse Strecken der Sehnen ausdehnt und keine bestimmten Grenzen hat; es scheint sogar, als ob es eine Fortsetzung desjenigen wäre, welches in gleicher Beschaffenheit auch zwischen Muskelbündeln vorhanden ist; kurz, es gehört wahrscheinlich in die Klasse der Gefässnerven, obgleich sich seine Beziehung zu den Gefässen nicht immer nachweisen lässt.

Ueber diese Fasern will ich nur noch eine Einzelnheit anführen; nämlich da das von ihnen gebildete Netz, wie gesagt, sich über einen grossen Theil der Oberfläche der Sehnen erstreckt, so geschieht es bisweilen, dass man einen seiner Fäden von einem der Endapparate der zuerst beschriebenen Fasern zum anderen laufen sieht, und so eine Verbindung entsteht, welche jedoch vielleicht nur scheinbar ist (Fig. 2).

Wenn wir jetzt zwischen den Typen der Nervenendigungen an den Sehnen bei Eidechsen und den bei Säugethieren und Vögeln vorkommenden einen Vergleich anstellen wollen, so zeigt es sich, dass einerseits, wenn man die Endigungen der einzelnen Fasern betrachtet, fast vollkommene Uebereinstimmung herrscht, insofern bei beiden ein Netz von demselben Aussehen vorkommt, andererseits aber ein auffallender Unterschied vorhanden ist, indem bei den Eidechsen die Gruppen der Endnetze frei auf der Oberfläche der Sehne liegen, während bei Säugethieren und Vögeln in Folge der Verdickung des Bindegewebes der Sehne und des wahrscheinlichen Hinzukommens einer Bekleidung mit Endothel eine Bildung von individuellen typischen Körpern mit scharf begrenzten Wänden stattfindet, innerhalb welcher die mehr oder weniger zahlreichen Endnetze liegen.

Untersuchungen an Fröschen. Ich werde meine Untersuchungen an diesen Thieren nicht im Einzelnen behandeln, denn in ihren wesentlichen Eigenschaften stimmen die Nervenendigungen an ihren Sehnen mit denen der Eidechsen überein, und wenn es Unterschiede giebt, so beziehen sie sich auf Nebensachen. Die Aehnlichkeit besteht darin, dass auch bei den Sehnen der Frösche die Endapparate durch Netze dargestellt werden, und dass diese Netze in der Substanz der Sehne vertheilt sind, besonders in den oberflächlichen Schichten, ohne eine Hülle; wenn man von der grösseren Ausdehnung der Netze absieht, bestehen die Unterschiede allein darin, dass an den Froschsehnen diese Netze viel feiner und zarter sind, so dass es sehr schwer ist, sie ganz zu übersehen. Diese Schwierigkeit rührt besonders daher, dass man, mag man sich nun des Goldchlorids oder anderer einfacherer Methoden bedienen, immer Reagentien benutzen muss, welche das Sehnengewebe zwar aufhellen, aber zugleich anschwellen lassen. Durch dieses Anschwellen pflegen die dünnen Fasern des Netzes sich zu desorganisiren, und zwar oft in dem Grade, dass von dem ganzen Endapparate nur ein Haufen körnig-faseriger Substanz übrig bleibt.

Von den Sehnen des Frosches fand ich die des M. sterno-radialis und die des M. semitendinosus mit Nerven versehen. Der erstere, welcher bei Befolgung der Anweisung ROLLET's mit Leichtigkeit dem lebenden Thiere entnommen werden kann, ist ohne Zweifel für diese Untersuchung am besten geeignet.

III.

Untersuchungen am Menschen und an anderen Säugethieren. Da das Interessanteste, was über die Vertheilung der Nerven zu sagen ist, zum Theil schon aus dem hervorgeht, was ich über ihre Endigungen vorzutragen haben werde, so scheint es mir zweckmässig, die Beschreibung dieser vorauszuschicken.

Ich habe an den Sehnen zwei durchaus verschiedene Arten von Nervenendigungen gefunden:

a) Die eine wird durch eigenthümliche, nach Aussehen, Gestalt, Bau und Art der Verbindung mit den Nervenfasern durchaus charakteristische Körper dargestellt, welche ihresgleichen in keinem der bekannten nervösen Endapparate unseres Organismus haben; doch findet sich ihre Bedeutung sehr wahrscheinlich in Uebereinstimmung mit der Function, welche Muskeln und Sehnen gemeinschaftlich verrichten sollen. Da sie einer-

seits mit den Muskeln, andererseits mit den Sehnen in Verbindung stehen, so muss man ihnen, glaube ich, den Namen nervöse musculo-tendinöse Endorgane beilegen.

b) Der andere Typus wird durch Körper dargestellt, welche ebenfalls ein eigenes, auffallendes Aussehen haben, aber im Ganzen, wenigstens in einigen Beziehungen, in anderen bekannten nervösen Endorganen unseres Körpers ihresgleichen finden, mit denen sie nicht nur in der anatomischen Bildung, sondern wahrscheinlich auch in der Function Aehnlichkeit haben. Ich will sogleich bemerken, dass ich hier auf die sogenannten Endkeulen der Conjunctiva, der Drüsen etc. anspiele.

Ebenso sehr, wie diese beiden Arten von Endorganen sich von einander durch Gestalt, Bau und Verbindungen mit den Nervenfasern unterscheiden, weichen sie auch in ihrem Sitz von einander ab; die ersteren finden sich immer in den tiefen Schichten des Ursprunges der Sehnen, an der Uebergangsstelle des Muskels in die Sehne, also immer in Beziehung zu den Muskelbündeln; die zweiten liegen dagegen in der Regel in den oberflächlichen Schichten der Sehnen oder der sehnigen Ausbreitungen.

Musculo-tendinöse Organe. (Man sehe die Figuren 4, 5, 6, 7, 8 und 9 mit der zugehörigen Erklärung.) Ihre vorzüglichsten anatomischen Eigenschaften lassen sich kurz zusammenfassen, wie folgt:

Ihre Gestalt ist im Allgemeinen spindelförmig, und von ihren Enden ist immer das eine in Verbindung mit den Bündeln der Muskelfasern, mit deren Sarkolemma ihr Stroma im unmittelbarem Zusammenhange zu stehen scheint; das andere Ende, bisweilen einfach, gewöhnlich aber doppelt, folgt dem Verlaufe der Sehnenbündel und verschmilzt mit ihnen allmählich in bedeutender Entfernung.

Ihre Grösse schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen, von 70—80 μ Breite und 300—400 μ Länge bis zu 100—120 μ Breite und über 800 μ Länge; die letzteren, besonders wenn sie mit Gold gefärbt sind, kann man mit Hülfe einer einfachen Linse leicht unterscheiden und isoliren.

Ihr Umriss pflegt sehr deutlich zu sein und zeigt sich sogar bisweilen in Gestalt eines schmalen, glänzenden Saumes, längs welchem man Kerne erblickt; aber ich glaube nicht, dass dieser glänzende Saum das Dasein einer einhüllenden Membran bedeutet, sondern halte ihn vielmehr für eine Verdickung der oberflächlichsten Bindegewebsschichten. Einige mit der Silbernitratmethode angestellte Versuche machen mich geneigt, anzunehmen, dass auf ihrer Oberfläche eine Endothelbekleidung vorhanden ist; da aber die Resultate der Reaction nicht die ganze wünschenswerthe Deutlichkeit besassen, so kann ich dies nicht für durchaus gewiss erklären.

Was den Bau betrifft, so sollte man, wenn man von den markhaltigen Nervenfasern absieht, welche in verschiedener Zahl von aussen eindringen, glauben, sie beständen einfach aus fibrillärem Bindegewebe mit darin verstreuten Kernen; aber nach leichter Aufhellung mit einer Säure sieht man in den der Peripherie zunächst gelegenen Schichten und auch unmittelbar unter dem glänzenden Saume hier und da zahlreiche kleine, längliche Anhäufungen von anscheinend körniger Substanz. Ich werde nachher sagen, dass das körnige Aussehen nur ein falscher Schein ist.

Charakteristisch ist die Art der Verbindung der hier beschriebenen Körperchen mit den Nervenfasern.

Am häufigsten ist nur eine Faser für jedes Körperchen bestimmt, aber ziemlich häufig treten zwei, drei und selbst vier Markfasern in ein einziges ein. Der Eintritt kann sowohl an einem Ende stattfinden, beständig an dem, welches mit den Sehnenbündeln verschmilzt, als auch an der Seite, und zwar genau an einer Stelle des dicksten Theiles der Spindelform.

Wie gross auch die Zahl der eintretenden Fasern sei, so fahren sie fort, sich zu zertheilen, indem sie nach der Mitte des Körpers vordringen, und jede Faser zweiter oder dritter Ordnung, während sie immer noch den Charakter der Markfaser behält, wendet sich, von den anderen divergirend, nach der Peripherie, in der Richtung nach den angegebenen kleinen Häufchen von körniger Substanz. Dies Alles kann man mit den einfachsten Beobachtungsmitteln, mittelst Aufhellung durch verdünnte Lösungen von Salz-, Essig- oder Arseniksäure bemerken. Das weitere endliche Verhalten der einzelnen Fasern lässt sich nur durch die Goldreaction aufklären.

Mit dieser Methode kann man nun noch folgendes beobachten.

Nachdem sich die Markfasern in blasse Fasern verwandelt haben, geben diese gabelförmig einige untereinander divergirende Zweige ab und setzen ihren Lauf nach der Peripherie der Körper weiter fort. Wenn sie da angekommen sind, bilden sie durch noch feinere und häufigere Zertheilungen in kurzen Zwischen-

räumen zahlreiche, umschriebene, längliche, netzartige Geflechte, welche der Oberfläche parallel liegen und die Stelle der oben erwähnten peripherischen Häufchen von anscheinend körniger Substanz einnehmen. Diese umschriebenen, netzförmigen Geflechte haben bei schwacher Vergrösserung das Ansehen von Flocken.

Hier lenke ich die Aufmerksamkeit des Lesers nochmals auf die schon angedeutete Thatsache, dass die jetzt untersuchten Endigungen die grösste Aehnlichkeit mit denjenigen darbieten, welche, nach der von mir gelieferten Beschreibung, gruppenweis und ohne Umhüllung längs den Nervenstämmen der Sehnen der Eidechse vertheilt liegen, und will zugleich noch bemerken, dass die einen wie die anderen, aber am deutlichsten die an den Sehnen der Eidechse liegenden Endigungen, weil sich hier die umschriebenen, netzförmigen Ausbreitungen besser der Oberfläche nach studiren lassen, in Bezug auf das Aussehen der letzten Fasern, die besondere Art, sich zu theilen, und die Kerne, welche an die einzelnen Fasern angekittet sind, im Ganzen ein Bild darbieten, welches an die Nervenendigungen in den Muskeln (Platten) erinnert. Ich sage: ein Bild im Ganzen, denn bei genauerer Prüfung finden wir als unterscheidende Charaktere für die Endigungen an den Sehnen: complicirtere, feinere Zertheilung der Fasern, eine echt netzförmige Gestalt, das Eindringen des netzförmigen Geflechtes in die Dicke der Sehnenbündel, und endlich, wenigstens im Allgemeinen, die grössere Ausdehnung, welche die scheinbaren Endflocken der Sehnen im Vergleich mit den Endplatten der Muskeln darbieten.

Wenn man in Bezug auf die Entstehung dieser Endigungskörper in Betracht zieht, dass sie einerseits mit dem Sarkolemma der Muskelfasern, andererseits mit den Sehnenbündeln in unmittelbarer Verbindung stehen, mit denen ihr Stroma verschmilzt, und ferner ihren fibrillären Bau beachtet, so ist man geneigt, anzunehmen, dass sie einfach durch eine umschriebene Verdickung des Sehnen-Bindegewebes in der Umgebung einer Gruppe von Nervenendigungen entstehen.

Was die Vertheilung der soeben beschriebenen Endapparate anbetrifft, so beweisen meine Untersuchungen, dass sie sich, wenn nicht in allen, doch in den allermeisten Muskeln unseres Körpers finden. Am leichtesten ist das Vorhandensein der musculo-tendinösen Apparate nachzuweisen an folgenden Muskeln: M. palmaris longus und brevis, cubitalis, pronator teres, flexor profundus und superficialis an der oberen Extremität; quadriceps, semitendinosus, gastrocnemii, soleus, plantaris gracilis, tibialis posticus, flexor digitorum communis, peronaeus longus an der unteren Extremität. Unter den Muskeln, an denen meine Untersuchungen ein negatives Resultat lieferten, nenne ich die Augenmuskeln, ohne Ausnahme.

An der topographischen Vertheilung dieser Körper scheint es mir besonders bemerkenswerth, dass sie sich sowohl in den oberflächlichen, als in den tiefliegenden Sehnen, und in Bezug auf die einzelnen Muskeln nicht weniger an den oberflächlichen Wurzeln und Sehnenausbreitungen, als an den inneren finden.

Bei dem Kaninchen, an welchem diese Untersuchungen am leichtesten gelingen, finde ich die Körper immer viel zahlreicher an den hinteren Extremitäten und besonders an dem oberen Theile der Lamina tendinea profunda der Gastrocnemii, sowie an der ausgedehnten sehnigen Ausbreitung, welche den Muskeln der Wirbelsäule angehört (s. Fig. 4).

Bei der Maus, dem Hunde und der Katze habe ich dieselben Beobachtungen gemacht, nur sind die Körper schwerer zu finden.

Bei Vögeln dagegen fand ich die nervösen musculo-tendinösen Endorgane in grösster Zahl an den Flügeln und an einer tiefen, sehnigen Ausbreitung des grossen Brustmuskels.

Zweiter Typus von nervösen Endigungsorganen. (Knäuel, Keule, verschiedene Formen PACINI'scher Körperchen.) (S. Fig. 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16.) Ich schicke voraus, dass die Thatsachen, welche ich in diesem Kapitel schildern werde, sich nur auf den Menschen beziehen. — Wie ich schon bemerkt habe, finden sich die Formen der Körper, welche ich diesem zweiten Typus zutheile, in der Regel an der Oberfläche der Sehnen und der sehnigen Ausbreitungen, und zwar vorzugsweise in der Nähe ihrer Wurzeln in der Nähe der Ansätze und selbst mitten in den Bündeln der Muskelfasern. Ziemlich häufig findet man sie aber auch in der Dicke des Sehnengewebes, und nach meinen neuesten Beobachtungen trifft man auch einzelne ausnahmsweise an der inneren Fläche der Sehne an, welche ganz von den Muskelansätzen eingenommen wird, also zwischen dieser letzteren.

Die Sehnen, an denen mir die Untersuchung am leichtesten geworden ist, waren die der folgenden Muskeln: Palmaris longus und brevis, flexor communis superficialis und profundus digitorum manus, cubitalis anterior, adductor pollicis, plantaris gracilis, gemelli und tibialis posticus.

Diese Körper sind gewöhnlich von kugeliger oder eiförmiger Gestalt; bisweilen habe ich auch halbmondförmige angetroffen. Ihre Grösse schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen: einige von den kleinsten hatten einen Durchmesser von 40—50 μ in der Breite und 70—80 in der Länge; einige von den grössten waren 100—130 μ breit und 300—350 μ lang. Die kleineren und mittleren Formen bilden die Mehrzahl.

Man muss an ihnen drei Theile unterscheiden: die Hülle, den Inhalt und eine oder mehrere eintretende Nervenfasern.

Die Hülle ist nicht einfach, wie es nach der Beschreibung von Krause und Axel Key an der Endkeule der Conjunctiva der Fall ist, sondern von bedeutender Dicke und besteht aus einer Reihe sehr dünner, concentrisch angeordneter Schichten mit dazwischen liegenden ovalen Kernen.

Der Inhalt erscheint in meinen Osmiumpräparaten in der Gestalt einer gelblichen, aus einer homogenen Grundsubstanz und darin zerstreuten, verschieden grossen, stark lichtbrechenden Körnchen bestehenden Masse. Ob dieser Inhalt nur dem Anscheine nach gleichmässig körnig ist oder sich verhält, wie die Endkolben der Conjunctiva nach Axel Key, darüber kann ich mich nicht mit Sicherheit aussprechen; ich bemerke darüber nur, dass man in der scheinbar körnigen Masse einige rundliche oder ovale Kerne anzutreffen pflegt, gewöhnlich mit einem deutlichen Nucleolus versehen.

In der grossen Mehrzahl der Fälle dringt nur eine Faser durch die äussere Hülle in den körnigen Inhalt ein, aber man kann die Fälle nicht für Ausnahmen erklären, wo zwei und selbst drei Fasern in die Körper eintraten; doch ist zu bemerken, dass oft die zwei oder drei Fäden durch Theilung in einiger Entfernung von dem Körper entstehen, für den sie bestimmt sind.

In dem Verhalten der Nervenfasern gegen die Körper und ebenso in dem Aussehen der Körper selbst bemerkt man zahlreiche Unterschiede, deren Beschreibung im Einzelnen allzu lang ausfallen würde; darum werde ich mich auf die Erwähnung einiger beschränken.

Der einfachste und zugleich häufigste Fall, welcher besonders bei den kleinsten Körpern vorkommt, besteht darin, dass die eintretende Faser, nachdem sie ihre Markscheide verloren hat, an dem entgegengesetzten Ende des Körpers in eine kleine Anschwellung ausläuft, wie es von den Fasern der Pacini'schen Körperchen beschrieben zu werden pflegt. In anderen Fällen endigt die Faser auf unbestimmte Weise, sobald sie die Hülle durchbrochen hat. Andere Male habe ich deutlich die Bildung einer Schlinge wahrgenommen: die Faser folgt den peripherischen Schichten der körnigen Substanz, macht innerhalb derselben einen vollständigen Kreislauf, tritt aus dem Körper wieder heraus und schmiegt sich an die eintretende Faser an, um dann einen anderen Weg einzuschlagen, auf dem ich sie nicht weit verfolgen konnte.

Häufiger als der vorige Fall ist der, wo man die Nervenfaser innerhalb der körnigen Substanz nach verschiedenen Richtungen eine Anzahl bisweilen sehr complicirter Schlingen von verschiedener Gestalt bilden sieht, so dass ein echter Knäuel entsteht (s. Fig. 12 und 13), welcher denen der Conjunctiva sehr ähnlich ist, wie sie von Krause, Axel Key und Ciaccio abgebildet worden sind.

Endlich will ich noch einen seltenen Befund erwähnen, von welchem ich nicht sagen kann, ob eine Nervenfaser nur den kugeligen Körper durchquerte, um sich dann anderswohin zu begeben, oder ob zwei Fasern in entgegengesetzter Richtung eindrangen. In den wenigen Fällen, wo dies vorkam, liessen beide Pole eines ovalen Körpers je eine Nervenfaser eintreten, ohne dass jedoch ein Zusammenhang zwischen ihnen bestanden hätte.

Ueber die Anordnung dieser Körper will ich nur bemerken, dass man oft mehrere derselben nahe bei einander oder in Gruppen liegen sieht. Ein naheliegendes Nervenbündel theilt sich und versieht jeden Körper mit einer Faser.

Nach dem von mir bis jetzt über die Vertheilung der beiden Formen von Endapparaten Gesagten bleibt wenig Interessantes über das Vorkommen von Nervenstämmen in den Sehnen zu sagen. Das schon Gesagte genügt, um zu beweisen, dass im Gegensatz zu dem, was man nach den angeführten Beobachtungen von Sachs, Rollet und auch von Koelliker glauben sollte, die Gegenwart von Nervenfasern in den Sehnen, wenigstens bei den höheren Wirbelthieren eher ein Gesetz, als eine Ausnahme ist. Die mangelhafte Kenntniss

dieser Thatsache rührt besonders daher, dass die Stellen nicht aufgefunden wurden, an denen die Nerven sich vorzugsweise vertheilen. In dem Verlauf langer Sehnen ist es in der That ziemlich schwer, Nervenäste aufzufinden, obgleich bei dem Menschen und anderen Säugethieren ein solcher Befund durchaus nicht zu den Ausnahmen gehört. Wenn man aber an den Wurzeln der Sehnen nachsucht, an den dort bestehenden Ausbreitungen der Sehnen, in den oberflächlichen oder tiefen Schichten, besonders längs den Rändern gegen die Muskelansätze, dann gelingt es sehr leicht, Bündel von Nervenfasern und einzelne Fasern zu finden, und wenn man ihnen folgt, so gelangt man zur Entdeckung der Endorgane.

In Bezug auf das Aussehen der Nervengeflechte der Sehnen bemerke ich, dass die einzelnen Fasern die besondere Eigenschaft besitzen, lange Strecken hindurch in gerader Linie zu verlaufen, sich in ziemlich weiten Zwischenräumen und vorwiegend unter rechten Winkeln zu verzweigen und häufig von einem Bündel auf ein anderes überzugehen, wodurch ein grossmaschiges Netz gebildet wird.

Endlich könnte man noch die Frage aufwerfen, ob es, besonders längs dem Verlaufe der Sehnen, noch andere Endigungsarten giebt, als die von mir beschriebenen. Was Säugethiere und Vögel betrifft, so möchte ich diese Frage mit »Nein« beantworten; aber wenn man die charakteristischen Nervenendigungen ohne Hülle betrachtet, welche sich längs den zarten Sehnen vieler Muskeln der Eidechse und des Frosches vorfinden, so glaube ich es nicht für durchaus unmöglich erklären zu dürfen, dass ähnliche Endigungen auch beim Menschen und anderen Säugethieren vorkämen.

Zum Schlusse möchte ich noch ein Wort über die wahrscheinliche Bedeutung der beiden verschiedenen Typen von nervösen Endorganen sagen, welche ich beschrieben habe. Wenn ich bei dem ersten, für die Sehnen durchaus charakteristischen die Vertheilung der Körper, welche ohne Unterschied sowohl in den oberflächlichen, als in den tiefen Wurzeln der Sehnen stattfindet, ihre besondere Lage in der Uebergangszone des Muskels zur Sehne, ja ihren directen Zusammenhang mit dem Sarkolemma der primitiven Muskelfasern, wenn ich endlich noch die besondere, typische Form der Endigung der einzelnen Fasern in Betracht ziehe, so glaube ich mit hinreichendem Grund annehmen zu können, dass die Function dieser Organe ausgleichend auf die der Muskeln wirkt, dass sie die Organe einer besonderen Muskelempfindlichkeit sein können, welche die Spannung der Muskeln angeben (Organe des Muskelsinnes).

Was den zweiten Typus der nervösen Endorgane betrifft, so scheint mir ihre mehr oberflächliche Lage und ihre Aehnlichkeit mit anderen Endorganen von bekannter Function hinreichende Gründe für die Annahme zu bieten, dass sie Tastkörper sind.

IV.

Endlich möchte ich noch die Aufmerksamkeit auf eine andere, seltsame Eigenthümlichkeit lenken, welche sich auf die Hüllen der Nervenfasern der menschlichen Sehnen bezieht und in der Regel bei Erwachsenen deutlicher erscheint (Fig. 17).

Wenn man den Lauf der Nervenfasern verfolgt, welche entweder unmittelbar auf der Oberfläche der Sehnen oder in der Dicke der Bindegewebslamellen verlaufen, womit die Sehnen umkleidet zu sein pflegen, so kann man leicht beobachten, dass jedes Mal, wenn der Nerv über ein arterielles Gefäss hinweggeht oder dasselbe berührt, die äussere Scheide, mit der er umgeben ist (HENLE'sche Scheide), eine bedeutende, umschriebene Verdickung zeigt, welche an dem Kreuzungspunkte am stärksten ist und nach beiden Seiten zu schnell abnimmt, um bald ganz zu verschwinden. Wenn man diese Verdickungen isolirt betrachtet, haben sie das Ansehen von spindelförmigen Körpern; sie bestehen aus regelmässig über einander gelagerten Bindegewebslamellen mit regelmässig angeordneten Kernen. Das Ganze hat eine gewisse Aehnlichkeit mit dem, was man an den PACINI'schen Körperchen beobachtet. Fig. 17 giebt eine genaue Darstellung dieser Eigenthümlichkeit.

Die Verdickungen pflegen stärker zu sein, wenn die Nervenfasern mit den stärkeren, auf der Oberfläche der Sehne verlaufenden Arterien zusammentreffen, finden sich aber auch in der Gestalt kleiner Varicositäten bei der Kreuzung mit den kleinsten.

Es scheint mir klar, dass man diesen Anschwellungen der Hüllen der Nervenfasern an den Stellen, wo sie Arterien überschreiten, keine andere Bedeutung zuschreiben kann, als die eines Schutzes der zur Ge-

fühlserregung bestimmten Fäden gegen den Stoss der Arterie, dem sie beständig unterworfen sind. Aber wie man sie als Schutzmittel betrachten kann, kann man sie auch mit Wahrscheinlichkeit als Folge des Stosses betrachten, als umschriebene Hyperplasien der HENLE'schen Scheide, hervorgebracht durch die fortwährende Reizung dieser Scheide durch den arteriellen Stoss.

V.

Als ich am Anfange dieser Arbeit darauf hindeutete, der Mangel an genauen anatomischen Kenntnissen über die Innervation der Sehnen bilde eine auffallende Lücke ebenso für die Physiologie, als für die Pathologie, bezog ich mich auf einige bekannte nervöse Erscheinungen in Bezug auf die Sehnen, welch dann von ERB und WESTPHAL zum Gegenstande besonderer Betrachtungen gemacht und darauf von anderen Pathologen und einigen Physiologen näher untersucht und auf verschiedene Weise ausgelegt und erklärt wurden.

Die nervösen Erscheinungen, welche ich meine, sind einfach jene schnellen Contractionen, jenes Zittern, welches man an den Muskeln beobachtet, wenn eine augenblickliche mechanische Einwirkung (z. B. ein leichter Schlag) auf die Sehnen, zu denen die Muskeln gehören, ausgeübt wird. Diese Erscheinung lässt sich leicht im physiologischen Zustande wahrnehmen, aber, worauf eben ERB und WESTPHAL aufmerksam machten, auf viel stärkere und auffallendere Weise bei Personen, welche an gewissen Rückenmarks- und Hirnkrankheiten leiden (graue Degeneration des hohen Theiles der hinteren und seitlichen Stränge, Druck auf das Rückenmark, Hirngeschwülste und -blutungen) und von Paraplegie oder Paraparesis ergriffen sind. Es ist bekannt, dass diese Erscheinung am leichtesten am M. quadriceps wahrgenommen werden kann, wenn man seine sehnige, das sogenannte Ligamentum patellare bildende Ausbreitung percutirt, oder an den Mm. gastrocnemiis, wenn man den Achillessehne reizt.

Welche Erklärung kann man für diese Erscheiung geben?

Ausgeschlossen ist die Reflexwirkung durch Reizung der Hautnerven, denn die Erscheinung tritt nicht auf, wenn man plötzlich die das Ligamentum patellare oder die Achillessehne bedeckende Haut kneipt, und ebensowenig, wenn man sie percutirt, wenn sie auf beiden Seiten in die Höhe gezogen ist, während nach der Reizung der Sehne die Muskelzusammenziehung eintritt, auch wenn die Haut durch den Apparat von RICHARDSON anästhesirt ist.

Ausgeschlossen ist auch die Reflexwirkung durch den Einfluss der Gelenknerven, denn die Zusammenziehung tritt nicht ein, wenn der Schlag auf das Knie- oder Fussgelenk geführt wird; man möchte glauben, die Erscheinung lasse sich nur durch eine von den gereizten Sehnen selbst hervorgebrachte Reflexwirkung erklären.

Dies ist in der That die von ERB [1]) angenommene Ansicht, welcher ausdrücklich erklärt, eine Reflexwirkung von Seiten der Haut könne er nicht zugeben, die schnelle Zusammenziehung des M. triceps, quadriceps und der Gastrocnemii nach einer leichten Reizung der zugehörigen Sehnen können nur von den Sehnen selbst und ihren unmittelbaren Fortsätzen ausgehen.

Diese Erklärung wurde nicht von WESTPHAL [2]) angenommen, welcher in einer gleichzeitig mit der von ERB veröffentlichten Arbeit, nachdem er die Reflexwirkung durch die Haut- und Gelenknerven ausgeschlossen und bemerkt hat, »die Physiologie sage nichts über Reflexwirkungen, welche direct von den Sehnen ausgehen«, die Meinung ausspricht, eine Reflexwirkung unter Vermittelung der Centra sei schwerlich annehmbar, schon aus dem Grunde, weil man niemals gleichzeitige Zusammenziehungen an gleichnamigen Muskeln der beiderseitigen Glieder und an den Antagonisten bemerke. WESTPHAL nimmt zuletzt an, die Erscheinung der Zusammenziehung hänge von der unmittelbaren mechanischen Reizung der Muskeln ab, welche durch die plötzliche Streckung oder Erschütterung der Sehnen veranlasst werde.

Die von JOFFROY [3]) gegebene Erklärung stimmt mit keiner der beiden hier angeführten ganz überein.

---

1) W. ERB, Ueber Sehnenreflexe bei Gesunden und Rückenmarkskranken. Arch. f. Psychiatrie, Bd. 5, S. 792, 1875.

2) C. WESTPHAL, Ueber einige Bewegungserscheinungen an gelähmten Gliedern. Archiv für Psychiatrie, Bd. 5, S. 809, 1875.

3) A. JOFFROY, De la trépidation epileptoide du membre inférieur dans certaines maladies nerveuses. Gaz. méd. de Paris, No. 33 und 35, 1875.

Indem er bemerkt, dass die von ERB und WESTPHAL beschriebenen Erscheinungen in den französischen Kliniken (CHARCOT, VULPIAN, BROWN-SÉQUARD) schon längst bekannt seien, erklärt er sie für eine Reflexwirkung, welche ausser der Muskelspannung auch von der Reizung der Hautnerven herrühre.

Als die Frage sich auf diesem Punkte befand, stellten F. SCHULTZE und P. FÜRBRINGER [1]), um die Natur der Erscheinung aufzuklären, eine Reihe von Versuchen an Kaninchen an, von denen einige gesund, andere durch Durchschneidung des N. cruralis oder ischiadicus oder des Rückenmarks in verschiedener Höhe operirt worden waren, und gelangten zu folgenden Schlüssen: 1) Bei den an den Sehnen wahrgenommenen nervösen Erscheinungen kann es sich nicht um eine direct von der Sehne hervorgrachte Muskelzusammenziehung handeln. 2) Diese Erscheinungen entstehen vielmehr durch einen Reflexmechanismus, welcher von mechanischen Reizung der Sehne abhängt und von ihr ausgeht, deren Reflexbögen für die hinteren Extremitäten in dem unteren Theile des Rückenmarks liegen. 3) Die Reflexwirkung der Haut in dem Sinne JOFFROY's ist ganz unzulässig.

Darauf behauptete LEWINSKI [2]), gestützt auf zwei klinische Beobachtungen, gegen WESTPHAL, die Muskelzusammenziehung, welche auf die Sehnenreizung folgt, sei als echte Reflexerscheinung zu betrachten, und zwar schon darum, weil er, abweichend von WESTPHAL's Beobachtung, gefunden habe, dass, wenn die reflectorische Thätigkeit des Rückenmarks vermehrt sei, nicht nur in denjenigen Muskeln Zusammenziehungen aufträten, deren Sehnen gereizt würden, sondern auch in ihren Antagonisten. Er giebt auch die Möglichkeit zu, dass die durch Spannung der Sehnen erzeugte Muskelcontraction durch Reizung der Empfindungsnerven der Haut vielleicht unterstützt werden könne. Die Vermehrung der Reflexerscheinungen der Sehnen könne also hervorgebracht werden: 1) durch vermehrte Spannung der Sehnen (Contractur), 2) durch vermehrte Reizbarkeit des motorischen Reflexcentrums, 3) durch das Zusammenwirken dieser beiden Ursachen.

Endlich will ich von den neueren Arbeiten über die nervösen Erscheinungen an den Sehnen noch die von BURKHARDT [3]) anführen, welcher mittelst zarter Experimente nach den Methoden der Zeitbestimmung interessante Resultate erhielt, welche man folgendermaassen zusammenfassen kann: 1) Bei dem Menschen verläuft von dem Augenblick der Reizung der Sehne bis zur Zusammenziehung des Muskels der dritte oder vierte Theil der Zeit, welche für die Reflexwirkungen der Haut nöthig ist. 2) Zu dem Auftreten der fraglichen Reflexerscheinungen braucht man nicht die Hälfte der Zeit, welche nöthig wäre, damit der Reflex durch Vermittelung der grauen Centralsubstanz vor sich ginge. 3) Man kann nicht annehmen, dass die Reflexwirkungen der Sehnen durch directe Muskelreizung hervorgerufen werden, denn wenn es so wäre, müssten die der Kniescheibe zunächst liegenden Muskeltheile sich um 20—30 Tausendtheilsecunden früher zusammenziehen, als die höher liegenden; es findet aber nur ein Unterschied von 2—3 Tausendtheilen statt.

Gestützt auf diese Verhältnisse und auf die Thatsache, dass die Sehnenreflexe ohne Aenderung ihrer Eintrittszeit auch nach Durchschneidung der Wurzeln im Rückenmarkskanal und nach Zerstörung des Lumbarmarkes fortbestehen, während die Hautreflexe unter diesen Umständen sogleich und für immer aufhören, und dass dagegen nach Durchschneidung des Nervus cruralis sowohl die Sehnen- als die Hautreflexe aufhören, und dass die gekreuzten Sehnenreflexe ebenso viel Zeit nöthig haben, als die Hautreflexe, schliesst BURKHARDT, »die fragliche Erscheinung ist durchaus reflexiver Natur, aber die Schliessung des Kreises findet nicht im Rückenmarke statt, sondern wahrscheinlich im Plexus oder in den Spinalganglien. Die Sehnen seien also mit ihren Muskeln durch eine Leitung verbunden, welche aber nicht unmittelbar von der Sehne auf den Muskel übergehe und ebensowenig die graue Substanz des Rückenmarks berühre.

Während die Pathologen von den nervösen Erscheinungen an den Sehnen einander widersprechende Erklärungen gegeben haben, sind die Physiologen dagegen, auf Experimente gestützt, darüber einig, dass es sich um Reflexwirkungen handelt. Um die Resultate der Einen zu bestätigen und für die Meinungen der Anderen eine sichere Grundlage zu liefern, fehlte es besonders für den Menschen an anatomischen Thatsachen; denn dafür konnte offenbar das von niederen Wirbelthieren und Säugethieren Bekannte nicht genügend erscheinen.

---

1) FR. SCHULTZE und P. FÜRBRINGER, Experimentelles über die Sehnenreflexe. Centralbl. für med. Wissensch., No. 54, 1875.

2) LEWINSKI, Ueber sogenannte Sehnenreflexe und Spinalepilepsie. Arch. f. Psych., Bd. 7, S. 327, 1877.

3) G. BURKHARDT, Ueber Sehnenreflexe. Festschrift, dem Andenken von A. v. HALLER dargebracht, Bern 1877. F. BURKHARDT, Physiologische Diagnostik, 1875.

Durch diese meine Untersuchungen nun, welche nachweisen, dass die Sehnen des Menschen mit zwei verschiedenen Typen von Endorganen ausgestattet sind, wovon das eine denen ähnlich ist, die man in vielen von den empfindlichsten (für das Gemeingefühl) Theilen des Körpers findet, das andere ganz eigenthümlich ist, und wie ein Dynamometer zwischen den Organen, welche die bewegende Kraft darstellen (Muskelfasern), und dem Theile liegen, auf welchen diese Kraft zuerst ausgeübt wird (Sehnen), scheint mir auch diese Lücke vollständig ausgefüllt worden zu sein.

VI.

Untersuchungsmethoden.

Obgleich ich den Nachweis der in dieser Arbeit vorgetragenen Thatsachen durch die in der mikroskopischen Technik gebräuchlichen Methoden und Reagentien geführt habe, so scheint es mir doch nicht ganz überflüssig, für die besonderen Präparationsweisen, welche bei diesen, wie bei allen speciellen Untersuchungen nöthig sind, einige Andeutungen zu geben.

Untersuchungen der musculo-tendinösen Organe. Die Verfahrungsweisen bei der Untersuchung dieser Organe sind etwas verschieden, je nachdem ich bloss beabsichtige, ihre Gegenwart und zugleich ihre Verbindung mit Nervenfasern nachzuweisen, oder ihren Zusammenhang mit Muskelfasern darzuthun, oder die Art und Weise deutlich zu machen, wie innerhalb dieser Organe die einzelnen Nervenfasern endigen.

a) Da beim Menschen, wegen der bedeutenden Dicke der Sehnenplatten und der stärkeren Entwickelung der Muskelmassen, die Erreichung des ersten Zweckes etwas schwer ist, so würde ich demjenigen, der zum ersten Male diese Untersuchungen wiederholen wollte, rathen, sich der Kaninchen zu bedienen. Wie ich schon bemerkt habe, besitzt die grosse Mehrzahl der sehnigen Ausbreitungen Nerven mit dem entsprechend Endapparate, aber einige davon sind viel leichter zu behandeln. Als solche kenne ich die sehnigen Ausbreitungen der Beuger der Zehen der Vorderbeine, die der Gemelli und des Tibialis anticus und posticus, und besonders den höheren Theil der ausgedehnten sehnigen Ausbreitungen der Muskeln der Wirbelsäule. Da die nervösen Muskel-Sehnenfasern mit den entsprechenden Endapparaten auf der unteren Seite dieser Platte liegen, so muss man zuerst diese blosslegen, indem man auf möglichst zarte Weise die Muskelfasern entfernt, welche sich auf dieser Seite ansetzen. Dieses Ziel lässt sich schon zum Theil erreichen, wenn man die Platte auf folgende Weise ablöst: Mag der Muskel abgelöst sein oder an seiner Stelle bleiben, so führt man ein kleines Bisturi unmittelbar unter die sehnige Ausbreitung ein und führt es mit horizontal gehaltener Klinge und sägender Bewegung nach dem oberen Ende der Ausbreitung hin, so dass die Ablösung in möglichster Ausdehnung und mit grösster Genauigkeit ausgeführt wird. Wenn vielleicht zu viel Muskelgewebe hängen geblieben sein sollte, so kann man es mit einer gekrümmten Schere mit Vorsicht möglichst abtragen. So fein auch die Platte sein mag, so pflegt doch die natürliche Undurchsichtigkeit des Sehnengewebes die Beobachtung der Nervenfasern zu verhindern, welche in seiner Dicke und an seiner Oberfläche verlaufen; als zweiten Theil der Operation muss man also die Platten mittelst einer der in der mikroskopischen Technik gewöhnlich gebrauchten Säuren aufhellen.

Die gewöhnlichen verdünnten Lösungen von Essig-, Salz- und Salpetersäure (zu 1, 2, 3 Proc.) thun alle gute Dienste; da es aber wünschenswerth sein kann, an denselben Präparaten die Reaction des Goldchlorids zu erhalten (nach der später anzugebenden Methode), und da man diese am besten zu Stande bringt, wenn man ihr die Einwirkung einer Lösung von Arsensäure zu $^1/_2$—1 Proc. vorausschickt, so bevorzuge ich dieses Mittel in dem angegebenen Verhältnisse auch zum Zweck der blossen Aufhellung: eine Eintauchung von ungefähr 15 Minuten genügt, um die Wirkung hervorzubringen. Nach der Aufhellung wird das Object auf den Objectträger gelegt, mit einem grossen Deckgläschen bedeckt und ohne weiteres der Beobachtung unterzogen; mit wenig Mühe kann man die nervösen Markfasern auffinden, und wenn man ihnen folgt, so wird man, wenn das Object nicht allzusehr misshandelt wurde, bald die betreffenden Endapparate auffinden.

Uebrigens lässt sich das Aufsuchen sehr erleichtern, und die zu untersuchenden Gegenstände werden viel deutlicher sichtbar, wenn man der aufhellenden Wirkung der Arsensäure die der Osmiumsäure hinzufügt.

Die Schwärzung der Nervenfasern durch Osmiumsäure kann man erreichen, indem man entweder ihre Einwirkung der der arsenigen Säure vorausschickt (durch Injection unter die Sehne, während der Muskel noch an seiner Stelle ist), oder indem man beide gleichzeitig einwirken lässt (arsenige Säure 4 Theile, einprocentige Osmiumsäure 1 Theil), oder endlich indem man die schon aufgehellte Sehne in Osmiumsäure von $^1/_2$ Proc. einbringt. Durch diese Verbindung der beiden Säuren erlangt man noch den Vortheil, Präparate zu erhalten, welche sich ohne weiteres in Glycerin aufbewahren lassen, während sie bei blosser Aufhellung wegen ihrer grossen Durchsichtigkeit bald unbrauchbar werden.

Ich halte es fast für unnöthig, hinzuzufügen, dass nach einiger Uebung am Kaninchen, bei Befolgung derselben Regeln, die Aufsuchung der musculo-tendinösen Apparate auch beim Menschen leicht gelingen wird; die Präparation ist nur langwieriger wegen der Dicke der Sehnenplatten und der Grobheit der Muskelbündel, zwischen denen diese Apparate verborgen liegen.

b) Um die beschriebene Verbindung mit den Muskelfasern festzustellen, bedient man sich am besten der Härtung im Bichromat nach der gewöhnlichen Vorschrift. Das bei der Präparation von mir befolgte Verfahren ist folgendes: Von den im doppeltchromsauren Kali erhärteten Stücken (am besten von dem Kaninchen) löse ich die Muskeln, welche ich untersuchen will, ganz ab und tauche sie in eine reichliche Lösung von Salzsäure von 1–2 Proc. Nach 2—3 Tagen des Aufenthaltes, wobei es nützlich ist, die gelb werdende Säure durch frische zu ersetzen, bemerkt man, dass einestheils die oberflächlichen Sehnenplatten, welche den Muskel einhüllen, durchsichtig werden, und andererseits, dass die Muskeln ein mehr oder weniger grosses Stück weit nach den Ansätzen an die Sehnen zu brüchig werden und daher sehr leicht in der Querrichtung zerbrechen. Der Nutzen dieser vorbereitenden Behandlung besteht also darin, dass man grosse Stücke der Sehnenplatten isolirt erhalten kann, woran die Stümpfe der Ansätze der zerbrochenen Muskelfasern festsitzen. Wenn das Sehnengewebe durch den Aufenthalt in der Salzsäure durchsichtig genug geworden ist, so kann man es ohne weiteres untersuchen und, wenn man dem Laufe der Nervenfasern folgt, leicht die musculo-tendinösen Organe und ihre Verbindung mit den Muskelfasern entdecken, wie es in der Abbildung angegeben ist. Wenn das Sehnengewebe noch zu undurchsichtig wäre, müsste man die Behandlung mit der aufhellenden Säure noch einige Zeit lang wiederholen. Auch bei diesen Präparaten thut man wohl, um die Nervenfasern deutlicher zu machen, die Osmiumsäure einwirken zu lassen (längeres Liegenlassen in einer Lösung von $^1/_4$—$^1/_2$ Proc.). Zu letzterem Zwecke nützen auch saure Lösungen von Palladiumchlorür, aber die mit diesem Reagens behandelten Präparaten verderben mit der Zeit durch diffuse Schwärzung.

c) Endlich bediene ich mich zum Nachweis der Endigungen der einzelnen Nervenfasern in den musculo-tendinösen Organen derselben Imprägnationsweise mit Chlorgoldkalium, nach einem besonderen Verfahren angewendet, welches ich seit einigen Jahren zur Darstellung der Nervenendigungen an den quergestreiften Muskeln gebrauche, und nachdem ich viele von den empfohlenen Methoden versucht habe (mit Einschluss der FISCHER'schen mit Ameisensäure und der von RANVIER mit Citronensaft), finde ich dieselbe wegen der Sicherheit des Erfolges, wegen der Deutlichkeit der Bilder und vorzüglich darum allen anderen überlegen, weil sie Präparate liefert, welche sich lange unverändert erhalten, was bei den Goldchloridpräparaten nicht leicht zu erreichen ist[1]).

Wenn die Sehnenplatten auf die oben angegebene Weise behandelt worden sind, unterwerfe ich sie folgenden verschiedenen Behandlungsweisen:

1) 10—20 Minuten dauernde Einlegung in eine Lösung von Arsensäure von $^1/_2$ Proc., bis sie durchsichtig geworden sind.

2) Directe Uebertragung aus der Arseniklösung in eine ziemlich reichliche Auflösung von Chlorgoldkalium zu $^1/_2$ Proc., worin die Platte 20—30 Minuten lang bleibt, bis sie eine diffuse, strohgelbe Farbe angenommen hat.

3) Abwaschung in destillirtem Wasser.

4) Uebertragung in eine andere, einprocentige Lösung von arseniger Säure, worin sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt wird.

---

1) Präparate von Muskelfasern mit den entsprechenden Nervenendigungen bewahre ich seit 3 bis 4 Jahren in trefflichem Zustande auf, und ebenso seit fast 3 Jahren Präparate von musculo-tendinösen Organen mit ihren feinen nervösen Endnetzen.

Hier färben sich die Markfasern in wenigen Stunden; später tritt die Färbung der blassen Fasern und der Endnetze ein, aber gewöhnlich ist nach 30—40 Stunden (während dieser Zeit erneuert man die Arseniklösung, welche durch die Reduction des Goldes violett geworden ist) die Färbung vollständig. Ausgewählte Stücke, die man aufheben will, werden wiederholt in destillirtem Wasser ausgewaschen und in Glycerin eingeschlossen.

Zur Aufsuchung des zweiten Typus der nervösen Endorgane (Keulen, Knäuel, PACINI'sche Körperchen), welche ich nur am Menschen ausgeführt habe, genügt es, zu sagen, dass es sich darum handelt:

1) Die auf der Oberfläche der Sehnenwurzeln verlaufenden Nervenfasern durch Osmiumsäure deutlich zu machen. Wenn die Schwärzung erreicht ist, kann man die Nervenfasern bei sehr schwachen Vergrösserungen sehen (Obj. 1 oder 2 HARTNACK, oder auch mit dem einfachen Mikroskope), und wenn man dann bei derselben Vergrösserung ihrem Laufe folgt, findet man sehr leicht die Endorgane.

2) Die Sehnenstücke, welche man für interessant hält, weil man die Gegenwart von Endkörpern in ihnen erkannt hat, von innen nach aussen vorsichtig durchsichtig und dünn zu machen. Die Untersuchung und die spätere Aufbewahrung der Präparate findet ebenfalls in Glycerin statt.

No. XI.

Ueber den feineren Bau des Rückenmarkes.

Von

Camillo Golgi,

Professor der allgemeinen Pathologie und Histologie an der Universität Pavia.

In einer Reihe von Arbeiten, welche ich unter dem Titel »Studi Istologici sul midollo spinale« und unter anderen Titeln seit dem Jahre 1880 bis jetzt veröffentlicht habe (siehe unten das Verzeichniss), habe ich in Bezug auf die feinere Organisation des Rückenmarks zahlreiche, durch Anwendung meiner Schwarzfärbemethoden erhaltene Resultate mitgetheilt.

Diese Ergebnisse erweiterten unsere Kenntniss über die Morphologie der Ganglienelemente dieses Organs, über die Art und Weise, wie sich die Nervenfasern beim Eindringen und beim Durchlaufen des Organs verhalten, über die gegenseitigen Beziehungen zwischen Zellen und Nervenfasern und demgemäss über die verschiedene Art des Ursprungs der beiden Kategorien von Nervenfasern, welche aus dem Rückenmark austreten, den sensiblen und motorischen Fasern, um ein Beträchtliches und zwangen zu gleicher Zeit, die verschiedenen physiologischen Probleme, welche mit diesen Thatsachen verknüpft sind, von einem anderen als dem gewöhnlich eingenommenen Gesichtspunkte zu betrachten.

Wie es die Wichtigkeit und die Besonderheit der Befunde verlangte, nahm ich mir vor, die Ergebnisse meiner Arbeiten sehr bald in ausführlicherer Weise und mit der unumgänglich nothwendigen Zugabe von Figuren zu veröffentlichen. Da ich aber von dem Strom anderer Studien, denen ich mich unter keinen Umständen entziehen konnte, weil sie pathologische Probleme von höchster Wichtigkeit betrafen, fortgerissen und ausserdem durch äussere Umstände verschiedener Natur gar zu oft genöthigt wurde, den Faden dieser besonderen Untersuchungen zu unterbrechen, konnte ich mich der beabsichtigten ausführlicheren Veröffentlichung nicht widmen, obwohl ich schon einige der Figurentafeln fertig gestellt hatte.

Diese Verzögerung bedingt es, dass ich mich in der wenig befriedigenden Lage befinde, constatiren zu müssen, dass meine kurzen Veröffentlichungen, obwohl sie durch die italienischen wissenschaftlichen Zeitschriften eine ausgedehnte Verbreitung fanden, unbeachtet geblieben sind. In der That werden in den ersten Arbeiten, welche mit denselben Methoden, und in der gleichen Absicht wie meine Arbeiten ausgeführt, neuerdings veröffentlicht wurden (s. Ramón y Cajal, »Sur l'origine et les ramifications des fibres nerveuses de la moëlle embryonnaire«, Anatomischer Anzeiger, No. 3, 1890. — Falzacappa, »Ricerche istol. sul midollo spinale«, Rendiconti dell' Accad. dei Lincei, Maggio 1889), meine Resultate nicht berücksichtigt, ja nicht einmal erwähnt.

Wenn die wenig verbreitete Kenntniss der italienischen Sprache und die wenig befriedigenden Verhältnisse, unter welchen sich die wissenschaftliche Literatur unseres Landes entwickeln muss, diese Nicht-

beachtung vielleicht zu erklären vermögen (von dem Misstrauen, mit welchem noch vor kurzem die Ergebnisse meiner Forschungen über das Centralnervensystem, Ergebnisse, welche sich von den bis dahin als klassisch angesehenen so sehr weit entfernten, aufgenommen wurden, ganz zu schweigen), so kann ich es darum doch nicht für gerechtfertigt halten, diese Nichtbeachtung weiter zu ertragen, besonders da auch die angesehensten deutschen Zeitschriften seiner Zeit die von mir veröffentlichten Studien erwähnt und besprochen haben.

Wenn ich nun auch, besonders nach dem Misstrauen, auf welches ich eben angespielt habe, über die Bestätigung, welche die Resultate meiner Untersuchungen von Seiten hochangesehener Beobachter gefunden haben und zur Zeit in ausgedehnter Weise mehr und mehr finden, das Gefühl der Genugthuung empfinde, so halte ich es doch, weil es mir im Interesse der Wissenschaft dienlicher zu sein scheint, dass diejenigen, welche mit meinen Methoden dieses Gebiet der Untersuchungen betreten wollen, statt die Beschreibung schon beschriebener Thatsachen zu wiederholen, ihre Forschungen über den von den früheren Untersuchungen erreichten Haltepunkt hinaus weiterführen, nicht nur für nützlich, sondern sogar für meine Pflicht, meine oben erwähnten Veröffentlichungen der Vergessenheit zu entreissen und sie hier, als Richtschnur für denjenigen, welcher sich etwa neuerdings mit diesem Gegenstande beschäftigen will, in unverändertem Wortlaute zu veröffentlichen.

Die vorliegende Veröffentlichung ist demnach nicht eigentlich eine neue Originalarbeit, sondern vielmehr die einfache Wiederholung und wörtliche Uebersetzung früherer, vereinzelt veröffentlichter Mittheilungen. Sie hat aber doch in jeder Weise den Werth einer Originalarbeit, denn sie enthält Ergebnisse, welche über die in den neuerdings über das Rückenmark veröffentlichten und oben von mir erwähnten Arbeiten enthaltenen Resultate sehr weit hinausgehen.

Ich beginne mit den histologischen Studien über das Rückenmark, welche von mir dem III. italienischen psychiatrischen Congresse im Jahre 1880 mitgetheilt wurden.

I.

»Wer auch immer eine genaue Untersuchung des Rückenmarks vom anatomischen Standpunkte unternimmt, wird wohl auf eine Reihe von Problemen stossen müssen, deren Lösung von grösster Wichtigkeit sein würde, um sozusagen in mechanisch-dynamischer Weise gewisse physiologische und auch manche pathologische Erscheinungen, welche auf dieses Organ zu beziehen sind, zu erklären.

Da es heutzutage ein unbestrittenes Gesetz in der Biologie ist, dass die Function in engster Beziehung zu der Organisation steht, und dass Verschiedenheiten der Function immer an Verschiedenheiten der Organisation gebunden sind, wird man annehmen dürfen, dass auch für das Rückenmark dieses Grundgesetz Geltung habe. Dass aber dieses Axiom durch das, was wir bisher über die Organisation und die verschiedenartigen functionellen Leistungen des Rückenmarks wissen, seine vollkommene Bestätigung fände, das könnte wohl kein Anatom ernstlich behaupten wollen.

Wir wissen z. B. sehr wohl, dass einzelne Theile des Rückenmarks der besondere Sitz der Gefühlsthätigkeit sind, während dagegen andere Theile desselben Centren der motorischen Thätigkeit sind; wissen wir aber auch, ob diesen functionellen Verschiedenheiten wohl bestimmte anatomische Verschiedenheiten entsprechen? Es ist erlaubt, ja sogar natürlich, dies zu vermuthen; wenn aber jemand aufgefordert würde, die Bejahung dieser Frage mit einer genauen Darlegung beweisender Thatsachen zu begründen, dann würde er sich alsbald gezwungen sehen, seine eigene Unwissenheit eingestehen zu müssen.

Man erlaube mir noch ein anderes Beispiel: Es ist eine wohl bekannte Thatsache, dass die Erregung der peripheren sensiblen Nervenendigungen auf dem Wege der Nervenfasern mit centripetalem Leitungsvermögen, wenn sie auf die entsprechenden Centren des spinalen Ursprungs dieser Fasern übertragen wird, die Erregung anderer Centren herbeiführt, eine Erregung, welche centrifugal zu den für die mechanische Bethätigung der Bewegung bestimmten Organen weitergeleitet wird, wodurch die sogenannten Reflexerscheinungen zu Stande kommen. Sind wir nun in der Lage sagen zu können, auf welchem Wege oder durch welchen Mechanismus im spinalen Centrum die Gefühlserregung auf die Bewegungsnerven übergehen kann?

Auch hier ist der Anatom, wenn er sich nicht mit blossen Hypothesen zufrieden geben will, gezwungen, die unzureichenden eigenen Kenntnisse zu gestehen.

Nachdem ich mich mit diesen und anderen Problemen zu beschäftigen begonnen hatte, habe ich in diesen letzten Jahren eine Reihe fortlaufender directer Untersuchungen angestellt, um die Lösung, wenn nicht aller, so doch einiger derselben zu finden. Und meine Untersuchungen, welche zum grössten Theil mit von mir selbst erfundenen Methoden angestellt wurden, blieben nicht ohne Früchte, ja in verschiedener Hinsicht glaube ich behaupten zu können, dass ich wenigstens die Hälfte erreicht habe.

Indem ich mir vorbehalte, diese Resultate mit den wünschenswerthen Einzelnheiten und der nothwendigen Zugabe von Figuren in einer speciellen Arbeit über das Rückenmark, welche ich zu veröffentlichen gedenke, sobald ich einige andere Untersuchungen zu Ende geführt habe, darzulegen, beschränke ich mich bei dieser Gelegenheit darauf, die wichtigsten Thatsachen in Form einfacher, zusammenfassender Sätze vorzutragen.

1) Alle Ganglienzellen des Rückenmarks, auch diejenigen der Hinterhörner und der CLARKE'schen Säulen nicht ausgeschlossen (wie von GERLACH und von BOLL behauptet wird), sind mit einem besonderen, von allen anderen durch seine physikalisch-chemischen Eigenthümlichkeiten verschiedenen Fortsatze versehen, mittelst dessen sie sich mit den Nervenfasern in Verbindung setzen. Dem entsprechend besteht das einzige, unbedingt charakteristische Merkmal, durch welches eine Zelle des Rückenmarks mit Bestimmtheit als Nervenzelle bezeichnet werden kann, in dem Vorhandensein des erwähnten besonderen und immer einzeln vorkommenden Fortsatzes.

Ganz allein auf Grund des Nachweises dieses Merkmals schreibe ich der sogenannten ROLANDO'schen gelatinösen Substanz zahlreiche Ganglienzellen zu, entgegen der Ansicht jener Histologen, welche behaupten, dass diese Substanz nur Bindegewebselemente enthalte.

2) Die spinalen Ganglienzellen, sowohl diejenigen der Vorderhörner als diejenigen der Hinterhörner und der Zwischenzonen stehen mit den Nervenfasern durch einen einzigen ihrer Fortsätze, und zwar gerade den oben erwähnten, welcher von uns immer mit dem Namen Nervenfortsatz bezeichnet werden wird, in Verbindung. Vom Standpunkte ihrer specifischen Function betrachtet, können demnach sämmtliche Nervenzellen des Rückenmarks als monopolar angesehen werden.

3) Die sogenannten Protoplasmafortsätze bilden in keiner Weise, weder direct noch indirect, den Ausgangspunkt von Nervenfasern. Dagegen haben sie enge Beziehungen zu den Neurogliazellen und den Blutgefässen; ihre functionelle Aufgabe muss demnach im Gebiete der Ernährung des Nervengewebes gesucht werden, d. h. sie bilden wahrscheinlich die Wege, auf welchen die Verbreitung des Nährplasmas von den Blutgefässen und Gliazellen auf die Ganglienzellen stattfindet.

4) Wenn man die Zellen, welche in den grauen Säulen des Rückenmarks liegen, mit einander vergleicht, so kann man Unterschiede wahrnehmen, welche sich auf die Gestalt, die Grösse und die Verzweigungsweise der Protoplasmafortsätze beziehen; doch sind diese Unterschiede untergeordneter Art und wahrscheinlich nur durch die localen Entwickelungsverhältnisse bedingt; der einzig bedeutungsvolle Unterschied liegt in der Art und Weise des Verhaltens des Nervenfortsatzes.

5) Je nach der Art und Weise, wie sich der Nervenfortsatz verhält, lassen sich meiner Meinung nach in der grauen Substanz des Rückenmarks zwei Typen von Ganglienzellen unterscheiden; nämlich:

a) Ganglienzellen, deren Nervenfortsatz sich in äusserst dünne Fibrillen auflöst, so dass er seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines allgemeinen Nervengeflechts theilnimmt;

b) Ganglienzellen, deren Nervenfortsatz zwar einige kleine Seitenfasern aussendet, dabei aber doch seine Individualität beibehält, um schliesslich den Axencylinder einer Nervenfaser zu bilden.

Da der erste dieser Zellentypen vorwiegend in dem Verbreitungsgebiete der hinteren Wurzeln (den Hinterhörnern im Allgemeinen und specieller der ROLANDO'schen gelatinösen Substanz) vorkommt, wogegen der zweite vorwiegend im Verbreitungsgebiet der vorderen (motorischen) Wurzeln zu finden ist, so stellt sich von selbst die Vermuthung ein, dass die Zellen des ersten Typus sensorischer, diejenigen des zweiten Typus dagegen motorischer Natur seien. Diese Vermuthung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Thatsache, dass in anderen Gegenden des Centralnervensystems, z. B. in den oberflächlichsten Schichten der Vierhügel, wo sich zweifellos sensible Nervenfasern (Fasern vom Tractus opticus) vertheilen, ausschliesslich oder doch

sehr stark vorwiegend gerade solche Zellen anzutreffen sind, deren Nervenfortsatz sich in complicirter Weise verzweigt und dabei seine eigene Individualität einbüsst.

6) In der grauen Substanz des Rückenmarks findet sich ein allgemeines Nervengeflecht, welches sich durch das verlängerte Mark hindurch in das feine Nervengeflecht fortsetzt, welches in gleicher Weise in sämmtlichen Schichten der grauen Substanz des Gehirns existirt.

Soweit das Rückenmark näher in Betracht kommt, betheiligen sich an der Bildung dieses Geflechtes:

a) Fibrillen, welche aus der complicirten Verzweigung des Nervenfortsatzes der Ganglienzellen der ROLANDO'schen gelatinösen Substanz und eines Theils der Ganglienzellen der eigentlichen Hinterhörner hervorgehen.

b) Nervenfasern der hinteren Wurzel, welche sich in derselben complicirten Weise verzweigen, wie die genannten Nervenfortsätze.

c) Fibrillen, welche aus jenen Nervenfortsätzen hervorgehen, welche, statt sich selbst in Verzweigungen aufzulösen, ihre eigene Individualität bewahren (Zellen der Vorderhörner, manche Zellen der Hinterhörner und andere hier und da in den Zwischenzonen zerstreute Zellen).

d) Fibrillen, welche aus den Achsencylindern der Nervenfasern der verschiedenen Stränge der weissen Substanz (Vorder-, Seiten- und Hinterstänge) hervorgehen, indem dieselben schräg oder horizontal in die graue Substanz eintreten und sich dort in derselben Weise verzweigen wie die aus Nervenfortsätzen hervorgehenden Fibrillen.

7) Wer ausschliesslich auf Grund anatomischer Merkmale beurtheilen wollte, welche Function einer Zelle oder Gruppe von Ganglienzellen zukäme, könnte das thatsächlich nur unter Berücksichtigung des Verhaltens des Verlaufs und der Beziehungen der Nervenfortsätze zu Wege bringen.

8) In der grauen Substanz des Rückenmarks ist es im Allgemeinen nicht möglich, eine genaue topographische Beschreibung der Gruppen der Ganglienzellen (wie das von dem grössten Theil der Histologen gewollt wird) zu geben, weil in der Vertheilung derselben auch in äusserst nahe liegenden Abschnitten die grössten Verschiedenheiten bestehen; andererseits würde eine solche Gruppirung nicht zweckdienlich sein, weil man nicht behaupten kann, dass den einzelnen, an der einen oder der anderen Stelle gelegenen Gruppen, soviel man aus dem Verlauf, dem Verhalten und den Beziehungen der Nervenfortsätze urtheilen kann, eine bestimmte physiologische Aufgabe entspricht.

Es lässt sich in der That nicht selten beobachten, dass ganz nahe bei einander gelegene Zellen ihren Nervenfortsatz in entgegengesetzter Richtung, offenbar also mit einer durchaus von einander verschiedenen Bestimmung, aussenden. So habe ich z. B. den Fall beobachtet, dass von zwei in nächster Nähe der Seitenstränge gelegenen Zellen, welche sich sozusagen berührten, die eine ihren Nervenfortsatz (er beschrieb dabei einen Bogen) in den entsprechenden Seitenstrang eintreten liess, während die andere den ihrigen durch die vordere Commissur in die graue Substanz der anderen Seite schickte.

9) Da nun, wie ich gesagt habe, auf der einen Seite die Bestimmung des Verhaltens und des Verlaufs der Nervenfortsätze bei der Erforschung der Ganglienzellen des Rückenmarks von der grössten Wichtigkeit ist, andererseits aber durch die Unregelmässigkeiten, welche sich in dieser Hinsicht geltend machen, für jetzt wenigstens die Unmöglichkeit besteht, allgemeine Gesetze aufzustellen oder eine Eintheilung der Nervenzellen in Gruppen nach der Bestimmung ihres Nervenfortsatzes zu geben, so halte ich es für geboten, sich für jetzt damit zu begnügen, eine möglichst grosse Zahl von Specialfällen in Betracht zu ziehen mit der Hoffnung, dass dieselben, mit anderen zusammengeordnet, als Grundlage zum Verständniss der Gesetze dienen können, welche wir für die Zwecke der Physiologie formuliren zu können wünschen.

Bezüglich des Verlaufs und des Verhaltens der Nervenfortsätze kann ich bis jetzt folgende Angaben machen:

Zu der ersten Klasse von Ganglienzellen, d. h. denjenigen, deren Nervenfortsatz sich complicirt verzweigt, seine eigene Individualität verliert und *in toto* an der Bildung des allgemeinen Nervengeflechts theilnimmt, gehören:

a) die Zellen der ROLANDO'schen gelatinösen Substanz;

b) eine grosse Zahl von Zellen, welche zu derjenigen Zone der grauen Substanz gehören, die vor der ROLANDO'schen gelatinösen Substanz gelegen ist (eigentliche Hinterhörner);

c) einige unregelmässig hier und da verstreut liegende Zellen in der Zone, welche sich zwischen den Vorderhörnern und Hinterhörnern befindet, und auch einige solche, welche zu dem Gebiet der Vorderhörner gehören.

Zu der zweiten Klasse der Ganglienzellen, d. h. denjenigen, deren Nervenfortsatz, wenn er auch einige Fibrillen abzweigen lässt (welche, ihrerseits sich weiter verzweigend, an der Bildung des allgemeinen Nervengeflechts theinehmen), seine eigene Individualität beibehält, um in Gestalt eines ganz deutlichen Fadens den Axencylinder einer medullaren Nervenfaser zu bilden, gehören dagegen:

a) der grösste Theil der Ganglienzellen der Vorderhörner;

b) einige Zellen, welche zu den eigentlichen Hinterhörnern gehören;

c) weitere Zellen, welche in der Zone zwischen den beiden vorhergehenden liegen und ganz besonders diejenigen, welche in der Nähe der Seitenstränge zu finden sind.

Bezüglich des Verlaufs und der Bestimmung des Nervenfortsatzes der Zellen der zweiten Klasse habe ich eine weitere Reihe von Angaben vorzubringen:

a) Die Ganglienzellen der Vorderhörner schicken in der Mehrzahl ihren Nervenfortsatz, manchmal ziemlich direct, manchmal nach einem sehr weiten Umwege, in die Markstränge oder in die vorderen Wurzeln; eine nicht unbedeutende Anzahl jedoch schickt eben diesen Fortsatz durch die vordere Commissur in die Stränge der weissen Substanz der anderen Seite, und giebt es auch Zellen der Vorderhörner, welche den genannten Fortsatz in die Seiten- und Vorderseitenstränge hineinsenden.

b) Unter den Zellen der Hinterhörner, deren Nervenfortsatz seine eigene Individualität beibehält, habe ich einige gesehen, welche eben diesen Nervenfortsatz in die Hinterseitenstränge, andere, welche denselben in die Seitenstränge, und noch andere, welche ihn in das Gebiet der Vorderstränge hineinsenden, ohne dass es möglich gewesen wäre, sein weiteres Schicksal zu verfolgen.

Endlich habe ich in einigen Fällen auch beobachten können, dass der Nervenfortsatz der Zellen der Vorderhörner einer Seite durch die vordere Commissur hindurchgeht, um sich mit den Nervenfasern der Vorderstränge der anderen Seite in Verbindung zu setzen.

c) Die Nervenfortsätze einer seitwärts von dem Centralkanal liegenden Gruppe von Zellen zeigen, wie ich sah, in der grössten Mehrzahl das zuletzt erwähnte Verhalten, d. h. sie durchsetzen die vordere Commissur, um sich gegen die Vorderstränge der anderen Seite zu wenden; andere sah ich jedoch auch in die Seitenstränge der entsprechenden Hälfte des Rückenmarks eintreten.

d) Die Zellen, welche sich in der Zone der grauen Substanz finden, die den Seitensträngen am nächsten liegt, schicken meistens ihre Nervenfortsätze in die Seitenstränge selbst, doch sind auch bei dieser Klasse von Zellen jene Nervenfortsätze nicht sehr selten, welche die Commissur durchsetzen und sich in die andere Hälfte des Rückenmarks begeben.

Von den bisher beschriebenen Eigenthümlichkeiten des Verlaufs der Nervenfortsätze verdient e i n e ganz besonders hervorgehoben zu werden, die nämlich, dass durch die vordere Commissur nach der anderen Hälfte des Rückenmarks hin Nervenfortsätze verlaufen, welche folgenden Zellen angehören:

1) Zellen der Hinterhörner;

2) Zellen der Vorderhörner;

3) Zellen der Zwischenzone, welche zwischem dem Centralcanal und den Seitensträngen liegt.

Bezüglich dieser Commissurenfortsätze will ich noch einmal hervorheben, dass sie in ihrem Verlaufe Fibrillen hervorgehen lassen, welche sich weiter verzweigen und sich an der Bildung des allgemeinen Nervengeflechts betheiligen. Ich füge noch hinzu, dass ich diese Thatsache sowohl vor dem Eintritt in die Commissur als während des Durchtritts durch dieselbe und nach dem Durchtritt beobachtet habe. Die grösste Zahl der Fibrillen sah ich gerade innerhalb der Commissur und jenseits derselben hervortreten, diesseits, in der Nähe der Ursprungszelle, habe ich das Abgehen der Fibrillen nur in seltenen Fällen wahrnehmen können.

Ich muss noch hinzufügen, dass ich nicht immer die Ueberzeugung habe gewinnen können, dass die Nervenfortsätze, welche die Commissur durchziehen, sich direct mit den Marksträngen der anderen Seite in Verbindung zu setzen suchen (d. h. den Vordersträngen und den Vorderseitensträngen); in mehreren Fällen fand ich auch, dass der Nervenfortsatz nach dem Durchtritt durch die Commissur sich in zahlreiche Fibrillen auflöste und in dem Nervengeflecht der grauen Substanz aufging. In diesem Punkte behalte ich mir vor, weitere und eingehendere Untersuchungen anzustellen.

Von den hier von mir nur kurz vorgebrachten Eigenthümlichkeiten lassen einige leicht eine physiologische Erklärung zu; von anderen dagegen erscheint die Bedeutung noch dunkel. Was die ersteren angeht, so kann ich, wenn ich auf die Beispiele der physiologischen Aufgaben zurückkomme, welche, wie ich im Anfange dieser Abhandlung auseinandergesetzt habe, die Anatomie bisher nicht lösen konnte, nunmehr nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, dass die vorgebrachten Thatsachen die Wege kennen lehren, auf welchen in dem spinalen Centrum die Ueberführung der sensorischen Erregung auf die motorischen Fasern stattfindet. Augenscheinlich werden diese Wege gebildet von den Fibrillen, welche aus dem Nervenfortsatz jener Zellen, die ich als Zellen der zweiten Klasse bezeichnet habe, hervorgehen und sich indirect mit den Zellen der ersten Klasse und durch das allgemeine Nervengeflecht mit den hinteren Wurzeln in Verbindung setzen. Auch die sogenannten Diffusionsphänomene, sowie auch die gekreuzten und allgemeinen Reflexwirkungen, welche man an Thieren wahrnehmen kann, denen man das Gehirn mitsammt dem verlängerten Mark entfernt hat (vergl. die Versuche von Pflüger, Luchsinger, Langendorf u. A.), würden durch die Kenntniss der beschriebenen Eigenthümlichkeiten eine leichte Erklärung finden.

Bezüglich des anderen von mir im Anfang erwähnten Beispiels will ich auch darauf hinweisen, dass man in der bisher gegebenen Darstellung eine Verschiedenheit von Elementen beschrieben findet, welche functionellen Unterschieden entspricht; dass zu gleicher Zeit noch weitere Verschiedenheiten, sei es chemischer oder anderer Natur, vorkommen, lässt sich mit Sicherheit nicht ausschliessen, es ist sogar wahrscheinlich, dass sie vorkommen. Aber vom morphologischen Standpunkte glaube ich behaupten zu können, dass gerade der Verschiedenheit, von der ich gesprochen habe, die grösste Wichtigkeit zukommt.

Endlich haben die verschiedenen Eigenthümlichkeiten, welche von mir in Bezug auf das Rückenmark, ein Organ, von dem es genügend bekannt ist, dass seine verschiedenen Abschnitte die Träger verschiedener Functionen sind, beschrieben wurden, für mich auch deshalb einen besonderen Werth, weil sie mir die Grundlage für eine richtige Würdigung anderer identischer oder analoger Eigenthümlichkeiten liefern, welche bereits beobachtet worden sind oder beobachtet werden können in anderen Abschnitten des Nervensystems, deren Functionen weniger bekannt sind.«

Unter den in dieser hier reproducirten Mittheilung aufgeführten neuen Thatsachen scheinen mir im Hinblick auf den Zweck dieser Abhandlung die folgenden einer eingehenderen Betrachtung würdig zu sein:

1) Die Unterscheidung, welche sich auf die Art und Weise gründet, wie sich der Nervenfortsatz der beiden Nervenzellentypen des Rückenmarks verhält, eine Unterscheidung, welche derjenigen entspricht, die ich später für die centralen Nervenzellen im Allgemeinen habe durchführen können.

2) Die Beobachtung, dass die Ganglienzellen mit einem Nervenfortsatze, der sich bis ins Unendliche verzweigt, vorwiegend (nicht ausschliesslich) an der Ausbreitungsstelle der hinteren Wurzeln gelegen sind, die Ganglienzellen dagegen, deren Nervenfortsatz nur wenige Fäden abgiebt und seine eigene Individualität bewahrt, vorwiegend (nicht ausschliesslich) in dem Verbreitungsgebiet der vorderen Wurzeln zu finden sind.

3) Das Bestehen des complicirten allgemeinen Nervengeflechts, an dessen Bildung sich — in der Weise und in dem Maasse, wie auseinandergesetzt worden ist — sämmtliche nervösen Elemente der weissen und grauen Substanz des Rückenmarks betheiligen.

4) Dass die Lage der Nervenzellen nicht als sicheres Merkmal zur Beurtheilung ihrer Function dienen kann. Bezüglich der einzelnen Elemente muss sich eine derartige Beurtheilung hauptsächlich auf das Ver-

halten des Nervenfortsatzes, auf die Art und Weise, wie dieser mit den Nervenfasern in Verbindung tritt, und auf seine Beziehungen zu der einen oder der anderen Kategorie der Nervenfasern stützen.

5) Dass der Ausgangspunkt und die erste Richtung der Nervenfortsätze noch nicht genügt für die Beurtheilung des weiteren Verlaufs, der entsprechenden anderweitigen Beziehungen dieser Fortsätze und der zugehörigen Zellen, d. h. dass die in einiger Entfernung von der Ursprungsstelle angenommene Richtung in sehr vielen Fällen eine andere ist als die ursprüngliche, und dass der ganze Verlauf ein ziemlich verschlungener sein kann. Ausserdem ist zu bemerken, dass die Nervenfortsätze zweier benachbarter Zellen nicht selten entgegengesetzte Richtungen einschlagen und auch sonst ein ganz verschiedenes Verhalten zeigen können. Complicirt, sehr verschieden und abweichend können die Schicksale und die Beziehungen der verschiedenen Abzweigungen ein und desselben Fortsatzes sein; man kann z. B. wahrnehmen, dass einer seiner Aeste, sich weiter verzweigend, in der grauen Substanz derselben Seite sich verliert, während ein anderer Ast in die Markstränge eindringt oder aber die Commissur durchsetzt und sich in die graue Substanz der anderen Seite begiebt, wo er sich wieder in verschiedener Weise verhalten kann.

6) Dass die Nervenfasern, welche die verschiedenen Stränge weisser Substanz (Vorder-, Seiten- und Hinterstränge) bilden, in ihrem Verlauf in diesen Strängen beständig Fibrillen abgehen lassen, welche in die graue Substanz dringen und Theil an der Bildung des allgemeinen Nervengeflechts nahmen.

7) Der complicirte Ursprung der Commissurfasern (von Zellen der Vorder- und Hinterhörner und der Zwischenzone).

8) Die Art des Verhaltens der die vorderen Wurzeln bildenden Fasern bei ihrem Eindringen in die graue Substanz.

Alle diese Resultate zeigen, soweit sie genau sind, in Bezug auf die Möglichkeit einer begründeten Auslegung der Bedeutung der beschriebenen morphologischen Thatsachen eine bedeutende Lücke. Was diese Lücke betrifft, behalten auch die nur sehr mit Vorbehalt und allgemein gegebenen physiologischen Erklärungen, welche ich vorzubringen versuchte, immer den Charakter einer Hypothese mit noch allzu doctrinärer Grundlage.

Mit welchem Rechte könnte ich in der That die Behauptung vertreten, dass eine bestimmte der beiden von mir angenommenen Kategorien von Nervenzellen in dem Rückenmarke sensorischer und nicht vielmehr motorischer Natur sei, nachdem sich etwas streng Charakteristisches über ihre functionellen Beziehungen nicht sagen liess, und ich selbst noch dazu bezüglich ihrer Lage die Bemerkung machte, dass diese beiden Kategorien von Zellen nur vorwiegend in den betreffenden Verbreitungszonen der Gefühlsfasern, respective der motorischen Fasern gelegen sind und sich deshalb bis zu einem gewissen Grade unter einander gemischt vorfinden?

Weitere, besonders an dem Rückenmark von Föten und Neugeborenen angestellte Untersuchungen haben mich zur Wahrnehmung von anderen Thatsachen geführt, welche mir erlaubten, einen Schritt weiter vorwärts in den Erklärungen zu thun, und bewirkten, dass meine Hypothesen eine sicherere Grundlage bekamen. Dies trat ein, als ich neue morphologische Thatsachen nachweisen konnte, welche sich auf mit Sicherheit als motorische anzusehende Zellen beziehen, und noch bestimmter, als es mir gelang, deutlich zu machen, in welcher Weise sich die einzigen centralen Nervenzellen, welche durch ihre Beziehungen mit absoluter Sicherheit für motorische erklärt werden können, in Bezug auf die für die centrifugale Uebermittelung der motorischen Erregung bestimmten Elemente verhalten.

Von diesem Augenblicke hörte die Hypothese, die von mir selbst beharrlich als solche hingestellt wurde, sozusagen auf, eine solche zu sein.

Die neuen ergänzenden Thatsachen, auf welche ich hier anspiele, habe ich in der Mittheilung, welche ich dem IV. italienischen psychiatrischen Congresse (Voghera 1883) machte, unter dem Titel »La cellula nervosa motrice« dargelegt, eine Mittheilung, welche ich hier unverändert in wörtlicher Uebersetzung wiedergebe.

II.

»Bei den physiologischen und pathologischen Untersuchungen des Nervensystems haben wir jeden Augenblick Gelegenheit, von motorischen und sensiblen Nervenzellen zu sprechen. Es ist daher sehr natürlich, dass man sich mit doppeltem Eifer die Frage vorlegt, ob es wohlbegründete Thatsachen giebt, durch welche die eine dieser Kategorien von Zellen von der anderen unterschieden werden kann. Und weiter: Wenn wir unsere Aufmerksamkeit auf die Nervenstämme richten, so lehrt uns die Physiologie die Art und Weise, wie wir einen sensiblen von einem motorischen Nerven unterscheiden können. Wenn wir unser Auge auf den Ursprung dieser Fasern richten, vermögen wir dann zu sagen, ob die Gefühlsfasern in Bezug auf die Nervenzellen ein anderes Verhalten zeigen als die motorischen Fasern?

Auf derartige Fragen sind wir bisher nicht im Stande gewesen zu antworten, und ich halte es auch jetzt nicht für erlaubt, darauf bündig und ohne vielen Vorbehalt eine bejahende Antwort zu geben. Jedenfalls scheint es mir an dem Punkte, an welchem ich mit meinen Untersuchungen stehe, nicht überflüssig zu sein, diese Frage wieder vorzunehmen mit der Absicht, eine Antwort zu formuliren, welche sich auf wesentlich anatomische Grundlagen stützt.

Bei den bis jetzt veröffentlichten allgemeinen Untersuchungen über das Nervensystem habe ich beständig hervorgehoben, dass es im Hinblick auf die specifische Function der Nervenzellen von grösster Wichtigkeit ist, den sogenannten Nervenfortsatz zu studiren, mit welchem sämmtliche Ganglienzellen versehen sind, und welcher das unbedingt unterscheidende Merkmal Elementen anderer Natur gegenüber bildet und durch viele Charaktere von den verschiedenen anderen Fortsätzen, mit welchen die Nervenzellen versehen sind, zu unterscheiden ist.

Ich habe auch beharrlich darauf hingewiesen, dass die Ganglienzellen hinsichtlich des Verhaltens des Nervenfortsatzes in zwei Typen unterschieden werden können, nämlich: 1) Ganglienzellen, deren Nervenfortsatz zwar einige secundäre Fibrillen aus sich hervorgehen lässt, aber doch die Charaktere eines gut individualisirten Fadens zeigt, und 2) Ganglienzellen, deren Nervenfortsatz sich complicirt verzweigt, dabei aber seine eigene Individualität aufgiebt und Theil an der Bildung eines allgemeinen Nervengeflechtes nimmt.

Bei der Erwähnung des Vorkommens dieser beiden Zellentypen habe ich mir erlaubt, die Vermuthung auszusprechen, übrigens mit vielen Vorbehalten, dass die Zellen des ersten Typus, welche mit den Nervenfasern in directem, unmittelbarem Zusammenhange stehen, motorischer Natur, dagegen die Zellen des zweiten Typus, welche mit den Nervenfasern nur indirect in Verbindung stehen würden, sensitiver Natur seien.

Dieser Erklärung habe ich, ich will das wiederholen, niemals einen anderen Werth beizulegen beabsichtigt als den, welchen eine zwar wahrscheinliche Hypothese, die aber immerhin nichts anderes als eine Hypothese ist, beanspruchen kann.

Werden wir nun auf diesem Wege versuchen können, uns der endgültigen Lösung der obenerwähnten Fragen zu nähern, welche, wie ich wohl nicht nothwendig habe zu sagen, für die Physiologie von einem Hauptinteresse sind?

Die Schwierigkeiten, welchen man bei dieser Untersuchung begegnet, sind mannigfaltig und verschiedener Natur. Eine erste Schwierigkeit, an welche man von vornherein nicht glauben würde, findet sich in der Feststellung der Oertlichkeit, an welcher man zweckmässig die Untersuchung anstellt, d. h. wo man die Gewissheit hat, Zellen von unbestreitbar motorischer oder sensibler Natur anzutreffen.

Wir wollen uns für jetzt nur mit den ersteren beschäftigen und die Frage möglichst vereinfacht so stellen: Wo sind wir sicher, Zellen zu finden, von denen wir mit absoluter Sicherheit sagen können, dass sie motorischer Natur sind?

Sollen wir sie in der Hirnrinde etwa in den sogenannten motorischen Zonen suchen?

Ich habe gewiss nicht nöthig zu sagen, dass wir dabei gewichtigen Einwürfen begegnen würden. Wenn wir auch wirklich das Vorhandensein der motorischen Zonen, wie es nunmehr angenommen wird, nicht im mindesten in Zweifel ziehen, so schliesst das doch nicht aus, dass eine solche Zone zu gleicher Zeit eine sensorische und psychische Function besitzt. Wenn man darum in dieser Zone Zellen mit durchaus ver-

schiedenen Eigenschaften fände, so fehlte es der Behauptung, dass ein bestimmter Typus von Zellen, ob gross oder klein, spindelförmig oder kugelig, motorischer Natur, die anderen dem entgegengesetzten Typus angehörigen Zellen dagegen sensorischer Natur wären, immerhin an der nothwendigen Begründung.

Dasselbe lässt sich für das Kleinhirn sagen; wir würden uns hier sogar in einem noch viel verwirrteren und dunkleren Gebiete befinden.

Auch glaube ich nicht, dass die Frage sogleich gelöst werden könnte, wenn wir sie auf das Gebiet der grauen Substanz des Rückenmarks verlegten.

Es ist wahr, man unterscheidet hier bekanntlich einen motorischen Theil, welcher von der vor einer durch den Centralkanal verlaufenden Transversallinie liegenden grauen Substanz (vordere Säulen) gebildet wird, und einen sensitiven Theil, welchen die hinter der genannten Linie gelegene graue Substanz (hintere Säulen) darstellt. Allein es ist nicht nothwendig, dass ich mich nachzuweisen bemühe, dass wir noch weit davon entfernt sind, in den physiologischen Beziehungen diese Unterscheidung gelten lassen zu können. Um den zweifelhaften Werth einer derartigen Abgrenzung hervortreten zu lassen, würde die Thatsache genügen, dass nicht wenige von den hinteren Wurzeln herkommende Fasern (Gefühlsfasern) recht weit in das Gebiet der Vordersäulen hineingehen.

In den Vordersäulen befinden wir uns jedenfalls auf dem am meisten geeigneten Gebiet, um in Bezug auf die im Anfang gestellten Fragen Thatsachen von einem gewissen Werth zu finden. Aber Vorsicht! Auch in den Vordersträngen werden wir niemals die Gewissheit haben können, dass wir es mit einer motorischen Zelle zu thun haben, solange es uns nicht gelungen ist nachzuweisen, dass eine den vorderen Wurzeln angehörige Nervenfaser direct von ihr ihren Ursprung nimmt. Das ist gerade der Punkt, auf welchen ich in ganz besonderer Weise während dieser letzten Phase meiner Untersuchungen meine Aufmerksamkeit gerichtet habe.

Bekanntlich haben viele Autoren behauptet, der Nervenfortsatz der Ganglienzellen der Vorderhörner gehe direct dazu über, ohne weitere Schicksale durchzumachen, den Axencylinder einer Faser der vorderen Wurzeln zu bilden. Gerade auf diesen Theil des Centralnervensystems beziehen sich die ersten wichtigen Beobachtungen von Deiters über das Vorhandensein des Axencylinderfortsatzes bei den Ganglienzellen. Und es ist auch eine nunmehr bekannte Thatsache, dass es in gewissem Sinne eine Consequenz dieser Lehre, welche zur Annahme einer directen und isolirten Verbindung einer jeden Ganglienzelle mit einer entsprechenden Nervenfaser führte, gewesen ist, dass man, um die functionellen Beziehungen zwischen Provinz und Provinz des Centralnervensystems und zwischen Zelle und Zelle erklären zu können, zuerst vermuthete, dann aber nachgewiesen zu haben glaubte, dass die äusserste Theilung der Protoplasmafortsätze zur Bildung eines intermediären Nervennetzes führe.

Diese Lehre wurde von mir schon bei mehreren Gelegenheiten bekämpft, unter anderem habe ich mich auch in der Mittheilung, welche ich die Ehre hatte, dem psychiatrischen Congresse zu Reggio-Emilia, zu machen, in der ausführlichsten Weise gegen dieselbe erklärt.

Obschon ich auch im Rückenmark hinsichtlich des Nervenfortsatzes die beiden obenerwähnten Typen gefunden hatte, und obschon ich hatte nachweisen können, dass in den Vordersäulen die Zellen des ersten Typus, in den Hintersäulen dagegen die Zellen des zweiten Typus vorherrschen, so habe ich mich doch aus dem vorher angeführten Grunde, dass nämlich in die Vordersäulen auch sensible Fasern in reichlicher Menge eindringen, bisher niemals genügend dazu berechtigt geglaubt, mich in bestimmter Weise über die Natur der beiden Zellentypen auszusprechen.

Dazu kommt noch, dass ich zwar viele Verschiedenheiten in dem Verlaufe und dem endlichen Schicksale des Nervenfortsatzes habe nachweisen können, in den Fällen aber, in welchen ich diesen Fortsatz ein grösseres Stück in die vorderen Wurzeln hinein habe verfolgen können, zeigte er sich mir niemals mit secundären Fibrillen versehen. Die Thatsache also, dass sich bei den einzigen Zellen, welche ich mit Sicherheit als motorische erklären konnte, der Nervenfortsatz nicht genau so verhielt, wie derjenige der Zellen des ersten Typus, welchen ich sozusagen in sämmtlichen Provinzen des Centralnervensystems angetroffen habe, nahm mir das stärkste Beweismittel für die Behauptung, dass jene Zellen des ersten Typus wirklich motorische Zellen seien. Ich muss bekennen, dass mir, wie die Dinge standen, bei der Betrachtung der bisher dargelegten Thatsachen der feinen Anatomie des Centralnervensystems eine Lücke in demselben auffiel, welche mich

jedesmal sehr zaghaft stimmte, so oft ich es für nöthig hielt, die physiologische Bedeutung eben der von mir beschriebenen Thatsachen zu erklären.

Durch die in dieser letzten Phase angestellten Untersuchungen habe ich eine Eigenthümlichkeit in ausgedehntem Maasse nachweisen können, welche mich auch in Bezug auf die obenerwähnten Erklärungen ruhiger stimmt. Diese Resultate habe ich dadurch erhalten können, dass ich die Bedingungen der Untersuchung änderte, und unter den Veränderungen, welche ich einführte, halte ich für die wichtigste diejenige, dass ich nicht mehr das Rückenmark des Erwachsenen, sondern das des Neugeborenen und auch das des Fötus zur Untersuchung verwendete.

Die verschiedenen chemischen Verhältnisse, vor allem das Fehlen oder die geringere Entwickelung der Markscheide bewirken, dass meine Reactionen an den nervösen Elementen um so feiner, empfindlicher und allgemeiner ausfallen, je jünger das Gewebe ist.

Die bemerkenswertheste Eigenthümlichkeit der Zellen, welche mit Sicherheit für motorisch erklärt werden können, weil ihr Nervenfortsatz in eine Faser der vorderen Wurzel hineingeht, besteht einfach darin, dass eben von diesem Nervenfortsatze in den meisten Fällen vor, in vielen Fällen aber auch nach seinem Eintritt in die vorderen Wurzeln eine gewisse Anzahl äusserst dünner (in der Regel nur weniger) Fibrillen entspringt, welche nach den inneren Partien der grauen Substanz umbiegen, sich dort complicirt verzweigen und, ohne dass ihr Ende zu bestimmen wäre, mit dem dort vorhandenen, äusserst complicirt zusammengesetzten Nervennetze verschmelzen.

Ich glaube nicht, dass man sagen kann, ich lege dieser kleinen Besonderheit eine übermässige Wichtigkeit bei, ich glaube vielmehr, dass es sich um so mehr der Mühe lohnt, in ganz besonderer Weise unsere Aufmerksamkeit auf sie zu richten, weil es sich schliesslich um eine kleine Eigenthümlichkeit handelt, welche von mir schon sowohl für die Zellen des Rückenmarks im Allgemeinen, als auch für diejenigen verschiedener anderer Provinzen des Centralnervensystems beschrieben worden ist.

Es ist in der That sehr einleuchtend, dass der Befund von zweifellos motorischen Zellen der Vorderhörner, welche in zwar directer, aber nicht isolirter Verbindung mit den motorischen Nerven stehen, nicht nur eine tiefere Bedeutung für die Auslegung physiologischer und pathologischer Thatsachen hat, über welche ich mich schon bei anderen Gelegenheiten ausgelassen habe, sondern auch eine Wichtigkeit besitzt, welche sich auf Thatsachen erstreckt, welche von mir in Bezug auf andere Partien des cerebralen Nervensystems gefunden wurden. In der That fühle ich mich jetzt erst berechtigt, wenn nicht vollständig, so doch zum grössten Theil meine Zurückhaltung in der Auslegung der physiologischen Bedeutung der beiden verschiedenen, von mir beschriebenen Zellentypen aufzugeben.

An Stelle des bisher gebrauchten Ausdrucks: »die Zellen des ersten Typus stehen in directem, nicht isolirtem Zusammenhang mit den Nervenfasern« können wir nun aus guten Gründen diesen setzen: die motorischen Nervenzellen stehen mit den Nervenfasern in directer, nicht isolirter Verbindung.

An dieser Stelle wird es nicht überflüssig sein, hervorzuheben, dass die anderen Zellen, deren Nervenfortsatz sich complicirt verzweigt, nunmehr mit viel besserer Begründung als sensorische Zellen angesehen werden können.

III.

»Die motorischen Nervenzellen«, so schloss ich in meiner vorhergehenden Mittheilung, »stehen mit den Nervenfasern in directer, nicht isolirter Verbindung.« Dieser Schluss und besonders sein näher erklärender letzter Theil wird vollständig gerechtfertigt durch die Betrachtung, dass die Nervenfortsätze, welche die Bestimmung haben, sich direct in den Axencylindern der die (motorischen) vorderen Wurzeln bildenden Nervenfasern umzuwandeln, in ihrem Verlauf in der grauen Substanz und manchmal auch, nachdem sie schon mit den horizontal durch die Vorderstränge verlaufenden Wurzelbündeln vereinigt sind, spärliche Fäden abgehen lassen, welche wieder in die graue Substanz eintreten oder in ihr bleiben, sich in ihr complicirt verzweigen und Theil an der Bildung des allgemeinen Nervennetzes nehmen, jenes Netzes oder Geflechtes, über dessen complicirte Zusammensetzung ich mich weiter oben ausgesprochen habe.

Eine so sichere Thatsache wie diese berechtigte zu einer sehr wohl begründeten Schlussfolgerung, nämlich der, dass jene centralen Ganglienzellen, welche sich von diesen mit den motorischen Nervenfasern in

directer Verbindung stehenden Zellen dadurch unterscheiden, dass ihr Nervenfortsatz sich ins Unendliche fortgesetzt theilt und seine eigene Individualität verliert, indem er in toto in das allgemeine Nervennetz übergeht, Zellen also, welche nach einem derartigen Verhalten nur auf indirectem Wege mit den Nervenfasern in Verbindung treten können, die Zellen sensorischer Natur sind.

Wenn auch durch die vorhergehenden Beobachtungen über die Art des Verhaltens der einen Kategorie von Nervenfasern diese Schlussfolgerung die grösste Wahrscheinlichkeit bekam, so schien mir die Beweisführung doch noch nicht vollkommen genügend, bis es mir gelang, einen bedeutenden Befund bezüglich der verschiedenen Art des Verhaltens der sensorischen und der motorischen Wurzeln bei ihrem Eintritt in die graue Substanz zu machen. Nach dieser Beobachtung, bei der mir, wie ich bereits gesagt habe, besonders das Rückenmark von Föten und Neugeborenen nützte, wurde dieses verschiedene Verhalten die Grundlage meiner Erwägungen über die Möglichkeit einer anatomischen Unterscheidung der sensorischen und motorischen Zellen und Nervenfasern.

Diese Studien, welche ich seit Jahren mit einem Reichthum von Einzelnheiten in meinen histologischen Vorlesungen über das Nervengewebe zu entwickeln suche, wurden von mir sehr kurz in einer meiner Bemerkungen zu der von Dr. A. Monti veranstalteten italienischen Uebersetzung der Elemente der Histologie von Schenk [1]) zusammengefasst.

Auch diese Bemerkung verdient meiner Meinung nach unverändert wiedergegeben zu werden.

»Es giebt zwei Arten des Ursprungs der Nervenfasern, nämlich:

1) einen directen Ursprung, jedoch mit Seitenverbindungen, welcher durch den Zusammenhang des Nervenfortsatzes der Zellen des ersten Typus mit den Fasern der ersten Kategorie repräsentirt wird;

2) einen indirecten Ursprung, welcher durch den Zusammenhang der Verzweigungen des Axencylinders der Fasern der zweiten Kategorie mit dem allgemeinen Netze von complicirter Zusammensetzung, an dessen Entstehung vorzugsweise die totalen Theilungen der Nervenfortsätze der Zellen des zweiten Typus Antheil haben, repräsentirt wird.

Es entsteht nun die Frage, ob die beiden morphologisch verschiedenen Kategorien von Zellen und Fasern (d. h. verschieden im Verhalten ihres Nervenfortsatzes) Verschiedenheiten der Function entsprechen, oder genauer, ob sie mit der bekannten Unterscheidung der motorischen Function und der sensitiven Function in Beziehung stehen.

Wenn man in dem Centralnervensystem Regionen mit ausschliesslich sensiblen oder ausschliesslich motorischen Functionen kennen würde, dann hätten wir eine genügend sichere Grundlage, um diese Frage lösen zu können. Da es aber derartige Regionen mit einer ausschliesslichen Function nicht giebt, weil ja bis jetzt bezüglich der grauen Substanz des Rückenmarks die bekannte Unterscheidung einer motorischen und einer sensorischen Region keinen absoluten Werth hat, so müssen wir einen anderen Weg zur Lösung der uns gestellten Aufgabe suchen. Ein solcher Weg wird uns geboten von den typischen Verschiedenheiten, welche zwischen den vorderen und den hinteren Wurzeln bestehen, das sind Verschiedenheiten in der Art des Verhaltens der einzelnen Elemente, von denen sie gebildet werden. Den durchaus verschiedenen Functionen der beiden Reihen von Rückenmarkswurzeln entsprechen auch typische morphologische Verschiedenheiten. Diese sind so deutlich, dass man aus dem Studium des Ursprungs einer einzigen Wurzelfaser mit Sicherheit sagen kann, ob es sich um eine sensible oder eine motorische Faser handelt: Die (motorischen) vorderen Wurzeln bestehen ganz aus Fasern, welche sich wie diejenigen verhalten, welche wir als Fasern des ersten Typus bezeichnen (welche sich nämlich direct mit den Nervenzellen in Verbindung setzen, indem sie sich in den betreffenden Nervenfortsatz verwandeln und in ihrem Verlaufe nur wenige Seitenfibrillen abgehen lassen). — Die (sensitiven) hinteren Wurzeln bestehen ausschliesslich aus Fasern, welche sich so verhalten wie diejenigen, welche wir dem zweiten Typus zutheilten, deren Axencylinder in die graue Substanz eintritt, sich in derselben complicirt verzweigt und das allgemeine Netzwerk bilden hilft.

Dieser einfache Befund giebt eine hinreichende Begründung für die Hypothese, dass die erwähnten morphologischen Verschiedenheiten auch Verschiedenheiten der Function entsprechen, d. h. dass die Zellen

1) Dr. S. L. Schenk, Elementi di istologia dell' uomo. Traduzione del Dr. Achille Monti con note originali del Prof. Camillo Golgi. Editore Vallardi Milano, 1889, p. 96 (Bemerkungen von S. 92—97).

des ersten Typus als motorisch (die entsprechenden Formen der Hirnrinde als psychomotorisch) und diejenigen des zweiten Typus als sensitiv (die entsprechenden Formen der Hirnrinde als psychosensitiv) angegeben werden müssen.

Diese Hypothese gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die oftmals erwähnte Thatsache, dass die Nervenzellen in den Vorderhörnern vorwiegend dem ersten Typus angehören, indem ihr Nervenfortsatz, welcher spärlich secundäre Fibrillen hervorgehen lässt, bis in die vorderen Wurzeln (bei Föten sogar ein weites Stück ausserhalb des Rückenmarks bis in die Gewebe hinein) verfolgt werden kann, während dagegen in den Hinterhörnern die Zellen, welche in denselben zerstreut liegen, vorwiegend dem zweiten Typus angehören.

IV.

In einer der früheren Mittheilungen (siehe Satz 9, S. 220) habe ich behauptet, dass das, was bei dem Studium der Ganglienzellen des Rückenmarks bei der Beurtheilung ihrer functionellen Bedeutung am ehesten zum Ziele führe, die Bestimmung des Verhaltens und des Verlaufs der betreffenden Nervenfortsätze sei Nachdem ich diese Behauptung durch Beispiele belegt hatte, fügte ich hinzu, dass es durch die vielen Unregelmässigkeiten, welche sich in dieser Beziehung bemerkbar machen, zur Zeit eine Unmöglichkeit sei, allgemeine Gesetze und nicht hypothetische Schemata zu formuliren und Unterabtheilungen der Nervenzellen in Gruppen (je nach der Bestimmung ihres Nervenfortsatzes und ihrer muthmaasslichen Function) zu machen, und dass deshalb die Nothwendigkeit vorliege, sich für jetzt damit zu begnügen, eine möglichst grosse Zahl von Specialfällen zu berücksichtigen mit der Hoffnung, dass diese, mit anderen von weitergehender Bedeutung zusammengestellt, als Grundlage für das Verständniss der Gesetze dienen könnten, deren Formulirung für die Zwecke der Physiologie zu erstreben wären.

Im Verfolge dieser Absicht habe ich in dieser Mittheilung auch eine Reihe von Thatsachen über den Verlauf, die Bestimmung und die Beziehungen des Nervenfortsatzes zusammengestellt. Wenn ich mich auch auf die frühere Auseinandersetzung beziehe, so halte ich es doch für zweckmässig, hier die Bemerkung zu wiederholen, welche über diesen speciellen Gegenstand Seite 213 meiner Studien über die feinere Anatomie der Centralorgane des Nervensystems zu finden ist (»Sulla fina anatomia degli organi centrali del systema nervoso«, Editore U. Hoepli, Milano 1885. Aus dieser Auflage siehe S. 185):

»Was die Vertheilung der motorischen Zellen in der grauen Substanz des Rückenmarks angeht, so muss ich hier bemerken, dass es ein Irrthum wäre, wenn man den Sitz derselben als Hauptmerkmal zur Beurtheilung ihrer Function hinstellen wollte. Die in den Vordersäulen gelegenen Zellen sind zwar vorwiegend motorischer Natur, weil die grösste Anzahl derselben ihren functionellen Fortsatz in die vorderen Wurzeln sendet. Wie man aber nicht ohne Einschränkung sagen kann, dass sämmtliche Zellen der Vordersäulen mit den entsprechenden Nervenwurzeln in Beziehung treten, so ist es auch nicht wahr, dass es ausschliesslich die mehr oder weniger streng zu Vorderhörnern gehörigen Zellen sind, welche sich mit den vorderen Wurzeln in Verbindung setzen.

Ich kann versichern, dass Zellen, welche ihren Nervenfortsatz in die (motorischen) vorderen Wurzeln hineinsenden, an jeder Stelle der grauen Substanz angetroffen werden können, das heisst nämlich:

1) in den Vorderhörnern, wo sie sicher vorherrschend sind;

2) in der Zone der grauen Substanz, welche ich die Zwischenzone genannt habe und welche, in dem von den Seitensträngen und dem Centralkanal begrenzten Gebiete liegend, eine Zwischenzone zwischen den Vordersträngen und den Hintersträngen bildet;

3) in den Hinterhörnern mit Ausnahme des hinteren Randes, d. h. desjenigen Randes, welcher die sogenannte ROLANDO'sche gelatinöse Substanz bildet. In dieser letzteren sind bisher nur solche Zellen gefunden worden, deren Nervenfortsatz sich in äusserst complicirter Weise verzweigt.

Bezüglich des Verhaltens des functionellen Fortsatzes der Nervenzellen des Rückenmarks halte ich auch das Vorkommen einer beträchtlichen Anzahl solcher Elemente für bemerkenswerth, welche den genannten (sich immer in mehr oder weniger complicirter Weise verzweigenden) Fortsatz direct in die Seitenstränge

senden und zwar in das ganze Gebiet derselben, d. h. sowohl in die mediane Zone (die eigentlichen Seitenstränge) als in die Zonen, welche den Uebergang zu den Vorder- und Hintersträngen bilden (Vorderseiten- und Hinterseitenstränge). Wenn sich auch diese Zellen vorzugsweise in der Zone grauer Substanz finden, welche der medianen Lage der Seitenstränge entspricht, so lässt sich doch durchaus nicht behaupten, dass sie eine besondere Gruppe mit wohl bestimmtem Sitze bildeten. Man trifft vielmehr Zellen mit einem Nervenfortsatz, welcher die erwähnte Bestimmung hat, nicht nur in der genannten Mittelzone, sondern auch in den Vorder- und Hinterhörnern (mit sämmtlichen Uebergangszonen). Zu den an allen diesen hier aufgeführten Oertlichkeiten (Vorderhörner, Hinterhörner, Zwischenzone) liegenden Zellen gehören auch die Nervenfortsätze, welche, die vordere Commissur durchsetzend, von einer Seite des Rückenmarks in die andere übergehen.«

V.

Zu keinem anderen Zwecke, nur von dem Wunsche geleitet, die Aufmerksamkeit der Anatomen auf Beobachtungen zu lenken, welche meiner Meinung nach weiter entwickelt und vervollständigt zu werden verdienen, und weil ich mir vorgenommen habe, meine Studien über das Rückenmark zusammenzufassen, will ich auch jenes Fragment meiner Arbeit über die feinere Anatomie der Organe des Nervensystems vorbringen, in welchem ich nach ausführlicher Abhandlung der allgemeinen Fragen bezüglich der Neuroglia (Morphologie, Chemie, Embryologie) und nach eingehender Beschreibung derselben sowohl für das Rückenmark als für die anderen Theile des Centralnervensystems einige meiner Beobachtungen über das Epithel des Centralkanals des Rückenmarks der Embryonen darlegte (Studi sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, pag 178)[1]).

»In der Ueberzeugung, dass in der Embryogenese der nervösen Centralorgane noch der Schlüssel liege für die Lösung vieler von den Fragen, welche in dem Verlauf dieser Abhandlung berührt worden sind und welche andererseits für die Physiologie Interesse haben, hielt ich es für unumgänglich, auch noch diesen Weg der Forschung zu betreten. Ich benützte mit den von mir gewonnenen Kriterien jene Methoden, welche mir bei den rein histologischen Untersuchungen so viel Vortheil gewährt hatten. Bisher wurde mir das Material für diese Untersuchung bezüglich des Nervensystems fast ausschliesslich vom Hühnerembryo geliefert. Es scheint in Bezug auf diesen Punkt durchaus nicht überflüssig zu bemerken, dass der einzige Grund für diese Bevorzugung die Leichtigkeit der Beschaffung dieses Untersuchungsmaterials in allen gewünschten Entwickelungsphasen, die allerersten nicht ausgeschlossen, war, während es für mich eine ausserordentlich schwierige Sache war, das reichliche Material von Embryonen vom Menschen und von anderen Säugethieren, wie es für die zur Erreichung der Reaction erforderlichen wiederholten Versuche nothwendig ist, zu finden.

Indem ich mich für jetzt in ausschliesslicher Weise auf die ganz begrenzte Frage, welche in diesem Capitel berührt wurde, nämlich die nach der Herkunft der Neuroglia, beschränke und auch in Bezug auf diesen Gegenstand nur eine summarische Darstellung gebe, kann ich erklären, dass die bisher gewonnenen Ergebnisse derartig sind, dass ich mich durch dieselben für berechtigt halte, ohne weiteres anzunehmen, dass das interstitielle Stroma der Nervencentren zu den Geweben gehört, welche ihren Ursprung von dem äusseren Keimblatt oder Hornblatt nehmen. Die analytische Darstellung meiner Beobachtung muss ich mir nothwendiger Weise für eine andere Arbeit vorbehalten, welche ich in Angriff nehmen werde, wenn ich die Beobachtung durch Ausdehnung derselben auch auf andere Thierklassen vervollständigt haben werde. Uebrigens will ich für jetzt auf eine Eigenthümlichkeit der Organisation hinweisen, welche an sich im Stande ist, wenigstens einen Theil der Fragen nach der Herkunft und der Natur der Neuroglia zu lösen.

Das Epithel des Centralkanals nimmt einen unmittelbaren und beträchtlichen Antheil an der Bildung der interstitiellen Substanz des Rückenmarks in jedem seiner Theile (nicht nur der grauen Substanz in ihrer ganzen Ausdehnung, sondern auch der weissen Substanz der Vorder- und Seitenstränge sowohl wie der Hinterstränge), d. h. von dem Centralkanal an bis an die äusserste Begrenzung des Rückenmarks unmittelbar

1) Die Beobachtungen, welche ich hier erwähne, sind zwar von Falzacappa, welcher sich auch mit demselben Gegenstande beschäftigte, nicht berücksichtigt, dagegen von Ramon y Cajal und von Koelliker in richtiger Weise gewürdigt worden.

unter der Pia mater. Dieser Antheil ist viel grösser, als man nach den bisherigen Beobachtungen hätte glauben können.

Der Nachweis dieser Thatsache mit den Einzelnheiten, welche sich darauf beziehen, kann sehr leicht erbracht werden, wenn man Hühnerembryonen vom 4., 5., 7., 8., 9., 10., 12. Bebrütungstage, d. h. zu einer Zeit, da in dem Rückenmark alle Theile, welche es ausmachen, als vollständig ausgebildet angesehen werden können, nach meiner Methode der combinirten Einwirkung von Silberbichromat und Silbernitrat behandelt.

Wenn dieser Process bei dem geeigneten Grade der Härtung (vergl. das Capitel, welches ausschliesslich den Untersuchungsmethoden gewidmet ist) in Anwendung gezogen wird, dann kann die Reaction auf das Epithel des Centralkanals beschränkt erhalten werden. Unter diesen Umständen erreicht man, dass die einzelnen Cylinderepithelzellen dieses Kanals eine deutliche schwarze oder kaffeebraune Färbung annehmen, welche mit jener Färbung identisch ist, welche bei derselben Behandlungsweise von den Neurogliazellen gezeigt zu werden pflegt. Man kann dann selbst bei den schwächsten Vergrösserungen auf einen Blick wahrnehmen, dass die Cylinderzellen ein ganz anderes Verhalten zeigen, als es gewöhnlich beschrieben wird, d. h. dass sie sich nicht schon in grösserer oder geringerer Entfernung in der sie umgebenden grauen Substanz verlieren, sondern radiär die ganze Schnittfläche des Rückenmarks durchsetzen und die äusserste Peripherie dieses Organs unter der Pia mater erreichen. Hier enden die fadenförmigen Ausläufer der einzelnen Cylinderzellen, indem sie manchmal eine konische Anschwellung, manchmal eine geringe Verbreiterung bilden, mit welcher die genannten Fäden sich, sei es an der Pia mater, sei es an den dort vorhandenen Gefässwänden, ansetzen. Auf diesem langen Verlaufe zeigen die mehr oder weniger starken Fäden, welche die periphere Fortsetzung des Körpers der einzelnen Epithelzellen darstellen, gewöhnlich Verzweigungen. Dieselben sind manchmal spärlich, häufiger aber sind sie zahlreich und complicirt. Die secundären Verzweigungen gelangen nun ihrerseits zum Theil an die Peripherie des Marks, wo sie in der angegebenen Weise enden, zum Theil verlieren sie sich während ihres Verlaufes, ohne dass man genau sagen könnte, auf welche Weise, zum Theil endlich setzen sie sich an die Gefässwände an. Hieraus zusammen ergiebt sich in Präparaten, in welchen die Reaction gleichmässig gelungen ist, eine zierliche und dichte Ausstrahlung von Fasern, welche sich von der ganzen Umgrenzung des Centralkanals bis an die ganze Peripherie des Marks erstreckt, so dass daraus in gewisser Weise ein zusammenhängendes Gewebe zwischen dem Centrum und der Peripherie dieses Organs entsteht.

Aus dieser Beschreibung geht klar hervor, dass der epitheliale Theil des Rückenmarks, welcher zweifellos von dem äusseren Keimblatte abstammt, einen directen Antheil an der Bildung des zwischen den nervösen Elementen liegenden Gewebes (der Neuroglia) nimmt. Durch welche Reihe embryologischer, chemischer und histologischer Thatsachen ich mich für berechtigt halte, auch die Zellen der Neuroglia im eigentlichen Sinne dem Epithel gleichzustellen, das werde ich, wie ich bereits gesagt habe, in einer anderen Arbeit darthun.«

VI.

In der vorstehend beschriebenen Abhandlung histologischer Thatsachen und noch eingehender in der im Jahre 1880 auf dem italienischen psychiatrischen Congresse gemachten Mittheilung findet man unter beharrlicher Hervorhebung der Wichtigkeit der Sache in klarer und ausführlicher Weise beschrieben, dass die Fasern der verschiedenen Stränge weisser Substanz (Vorder-, Seiten- und Hinterstränge) Fibrillen abgeben, welche in die graue Substanz eindringen und sich dort fein verzweigen, um an der Bildung des dort vorhandenen complicirten und feinen Nervengeflechtes Theil zu nehmen. Wenn man nur die oberflächlichsten Betrachtungen über die Bedeutung der verschiedenen morphologischen Eigenthümlichkeiten anstellt, so ergiebt sich auch die specielle Bedeutung dieser Thatsache.

Nichtsdestoweniger wurde nun genau diese Verzweigung der Nervenfibrillen des Rückenmarks vor Kurzem — jedoch nur für einzelne Kategorien derselben — als eine neue Thatsache beschrieben und als solche auch hinsichtlich ihrer Beziehungen zur Physiologie erklärt.

Wie ich es nun für nothwendig gehalten habe, die Beschreibung von histologischen Einzelnheiten wörtlich zu wiederholen, welche schon vor langer Zeit von mir gegeben worden waren, so halte ich es auch für

zweckmässig, hier wenigstens einen Abriss einer anderen Arbeit zu geben, in welcher ich durch den Versuch, die histologischen Thatsachen in richtiger Weise zu interpretiren, untersuchen und klarstellen wollte, welche Stellung auf Grund der neuen Kenntnisse die Anatomie in Bezug auf die Controverse einnehmen könnte, welche nach den classischen experimentellen Untersuchungen von FRITSCH, HITZIG, FERRIER, MUNK, LUCIANI, TAMBURINI u. s. w. so lange Zeit Gegenstand der lebhaftesten Discussion zwischen den Physiologen und Pathologen war (und noch nicht aufgehört hat, es zu sein), nämlich die Frage der Hirnlocalisationen.

Die Frage auf das anatomische Gebiet gebracht, schien es mir nothwendig zu untersuchen, wie die histo-morphologischen Verhältnisse sein müssten, welche man von vornherein anzunehmen hätte, um sagen zu können, dass die Anatomie bedingungslos mit einigen Thatsachen der Lehre der Hirnlocalisationen in der bestimmten Form, in welcher sie aufgestellt und auch noch von Vielen vertreten wird, eine Stütze gebe.

Als derartige hypothetische Verhältnisse habe ich die folgenden genannt:

1) Besonderheiten der Structur der verschiedenen Partien des Centralnervensystems, welche den besonderen Functionen dieser Partien entsprächen.

2) Isolirter Verlauf der Nervenfasern der zur Aufnahme der Sinneseindrücke bestimmten Organe, direct von der Aussenwelt zu den entsprechenden centralen Gebieten.

3) Eine mehr oder weniger genaue materielle Abgrenzung oder Demarcationslinie der verschiedenen Regionen, welche für die gewollte Erregung der einzelnen bestimmten Muskelgruppen oder aber für die Perception der verschiedenen Sinneseindrücke von der Peripherie bestimmt wären.

Was den ersten Punkt angeht, so habe ich mich auf Grund meiner speciellen vergleichenden Untersuchungen über die feinere Organisation jener Windungen, welche, um Vertreter für fundamental verschiedene Functionen zu sein, in sich (wie das auch in der That angegeben worden ist) eine verschiedene histologische Structur annehmen lassen müssten, auf das bestimmteste gegen das Vorhandensein dieser Bedingung ausgesprochen, indem ich in jenen Windungen eine wesentlich identische Organisation fand. Ich schloss mit der Erklärung, dass die Besonderheit der Function der verschiedenen Hirnzonen als nicht durch eine Besonderheit der anatomischen Organisation dieser Partien, sondern vielmehr durch die Besonderheiten der Organe, in welchen die Nervenfasern peripherisch enden, bedingt anzusehen sei, und fügte hinzu, dass die histologischen Thatsachen gegen eine strenge Trennung des Sitzes der beiden Grundfunctionen des Gefühls und der Bewegung, welche wir dem Centralnervensystem zuschreiben, sprächen und uns vielmehr zu der Annahme berechtigten, dass die sensorischen und motorischen und die psycho-motorischen und psycho-sensitiven Functionen, was ihren anatomischen Sitz angeht, in inniger Verbindung oder vielmehr Durchdringung mit einander stehen. Das heisst natürlich nicht ausschliessen, dass die verschiedenen centralen Provinzen, bedingt durch ihre peripheren Beziehungen, eine in dem einen oder dem anderen Sinne vorherrschende Function besitzen.

Indem ich mir vorbehielt, die Unhaltbarkeit auch der dritten Bedingung nachzuweisen (wie ich es später auch gethan habe), fand ich mich bezüglich der zweiten Bedingung »isolirter Verlauf der Nervenfasern u. s. w.« in die Nothwendigkeit versetzt, mich auf die Resultate meiner Untersuchungen über die Art und Weise des Verhaltens der Nervenfasern während ihres Verlaufs in den Centralorganen zu stützen. Da nun die von mir klargelegte Thatsache der fortwährenden Abgabe von secundären Fibrillen von Seiten der Rückenmarksnervenfasern während ihres aufsteigenden und horizontalen Verlaufs im Einklang stand mit den äusserst complicirten Beziehungen, welche jede Nervenfaser des Rückenmarks oder eines anderen Gebietes des Nervensystems auch mit Partien eingehen muss, welche weit von einander entfernt sind, so wurde eben diese Thatsache nothwendiger Weise der Angelpunkt, um welchen sich meine Beweisführungen drehten.

Die damals von mir gegebene Abhandlung scheint mir zur Zeit mehr als jemals der Wirklichkeit zu entsprechen, weshalb mir die Wiedergabe auch jenes Fragments meiner Arbeit, welche diese Abhandlung enthält, nun nicht unzweckmässig zu sein scheint (1).

». . . . Wenn in den Hirnwindungen nachweisbare Verschiedenheiten der anatomischen Organisation, welche den functionellen Verschiedenheiten entsprächen, nicht existiren, so existirt wenigstens doch die zweite der Bedingungen, welche wir für nothwendig erachteten, um in dem strengen Sinne, wie man es wollte, die

Lehre von den Localisationen in den Hirnwindungen annehmen zu können, nämlich der Verlauf der Nervenfasern von den zur Aufnahme der Sinneseindrücke bestimmten Organen direct von der Aussenwelt zu den einzelnen entsprechenden Rindengebieten und umgekehrt von ihrem centralen Ursprung zu ihrer peripheren Endigung?

Der Verlauf der Nervenfasern und ihr Verhalten in den entsprechenden Centralorganen, von ihrem Ursprung bis zur Peripherie und umgekehrt, gehört immer zu den dunkelsten Gegenständen, welche dem Forscher die grössten, zum Theil vielleicht unüberwindlichen Hindernisse entgegenstellen, zu deren Ueberwindung sich die Anatomie mit der experimentellen Pathologie und der pathologischen Anatomie verbündet hat. Aber gerade so gross, wie die Schwierigkeit ist auch die Wichtigkeit dieses Gegenstandes: ja es ist vielleicht gerade die Bestimmung der Wege, welchen die Organe, die zur centripetalen und centrifugalen Fortleitung der Nervenerregungen dienen, folgen, und der Schicksale, welche sie auf diesen Wegen durchmachen, das Arbeitsgebiet, in welchem wahrscheinlich der Schlüssel zu finden ist für ein möglichst weitgehendes Verständniss der centralen Localisation der Functionen und der Beziehungen, welche zwischen den verschiedenen functionellen Centren bestehen.

Wenn es auch hinsichtlich dieses Gegenstandes unmöglich ist, genaue Antworten zu formuliren, so sind nichtsdestoweniger jetzt doch manche Thatsachen zu unserer Kenntniss gelangt, welche, wenn sie auch noch nicht gehörig zusammenhängend sind, doch der Anatomie eine genügende Grundlage liefern können, um einige Urtheile auszusprechen. Dieselben sind, eben weil sie sich auf genaue Befunde stützen, darum durchaus nicht weniger berechtigt, weil sie einigen allgemein angenommenen physiologischen Doctrinen widersprechen.

Ich werde einige dieser Befunde, welche ich meinen besonderen Studien über die verschiedenen Partien des Nervensystems entnehme, hier vorbringen; sie beziehen sich speciell auf das Verhalten der centralen Nervenfasern und ganz besonders noch auf die Art und Weise, wie diese mit den Ganglienzellen in Beziehung treten oder von diesen ihren Ursprung nehmen.

1) Für eine der beiden von uns bestimmten Kategorien von centralen Nervenfasern ist es absolut ausgeschlossen, dass sie in directe individuelle Beziehungen zu entsprechenden Zellenindividuen tritt. Die Verbindung zwischen dieser Kategorie von Fasern und den Ganglienzellen wird auf indirectem Wege bewerkstelligt, d. h. durch Einschiebung eines Netzwerks von sehr complicirter Zusammensetzung, in welchem es unmöglich ist, irgend welche Abgrenzungen festzustellen.

2) Bezüglich der zweiten Kategorie von Nervenfasern nehmen wir an, dass sie in directer Verbindung mit den Ganglienzellen stehen, aber wir müssen es absolut ausschliessen, dass diese Verbindung eine *isolirte* sei. Der Zusammenhang ist zwar direct, aber nicht isolirt, weil der Faden, welcher zu gleicher Zeit Nervenfortsatz einer Ganglienzelle und Axencylinder einer Markfaser ist, in der grauen Substanz mittelst einer mehr oder weniger grossen Zahl von Seitenfibrillen mit dem eben erwähnten allgemeinen Nervennetz in Beziehung tritt.

3) Die Nervenfasern finden sich im Allgemeinen keineswegs in individuellen, isolirten Beziehungen zu entsprechenden Individuen von Ganglienzellen, sondern vielmehr in Beziehungen zu ausgedehnten Gruppen derselben; aber auch das Gegenstück zu dieser Thatsache (welches übrigens eine nothwendige Folge des Vorhergehenden ist), macht sich geltend, d. h. jede Ganglienzelle der Centren kann mit mehreren Nervenfasern in Zusammenhang stehen; dieser Zusammenhang kann sogar mit Nervenfasern stattfinden, welche eine durchaus verschiedene Richtung und wahrscheinlich auch verschiedene Function haben.

4) Die Nervenfasern, welche schon zu Bündeln gehören, deren Richtung und Bestimmung genau feststeht, zeigen durchaus keinen unabhängigen und isolirten Verlauf, sondern haben vielmehr durch Fibrillen, welche von Strecke zu Strecke von ihnen ausgehen und sich in die benachbarten Schichten der grauen Substanz begeben, augenscheinlich verwickelte anatomische und in Folge dessen auch functionelle Beziehungen aufzuweisen. — Von den verschiedenen von mir gesammelten, hierher gehörigen Beispielen (Fasern des verlängerten Marks, der Hirnschenkel und des Markkerns des Kleinhirns u. s. w.) scheinen mir diejenigen eine besondere Wichtigkeit zu besitzen, welche sich auf die Nervenfasern der verschiedenen Markstränge, einschliesslich der Vorderstränge des Rückenmarks, beziehen. In Stücken, welche mit der Schwarzfärbungsmethode behandelt

worden sind, kann man gewöhnlich wahrnehmen, dass die vertical verlaufenden Nervenfasern von Strecke zu Strecke Fibrillen ausschicken, welche horizontal in die graue Substanz eindringen, wo sie sich in mehr oder weniger complicirter Weise verzweigen. Auch im Rückenmark ist es ziemlich leicht, Fälle zu finden, in welchen sich Nervenzellen der einen oder anderen Zone der grauen Substanz dieses Organs (sowohl der Vorder- als der Hinterhörner) vermittelst der zugehörigen Nervenfortsätze, welche nach verschiedenen Seiten gerichtete Fibrillen aussenden, mit verschiedenen Marksträngen in Verbindung setzen; auch die Fälle sind nicht ausgeschlossen, dass Ganglienzellen sich gleichzeitig mit den Seitensträngen und mit den Seiten- und Hintersträngen in Verbindung finden.

Wenn wir nun die Gesammtheit der histologischen Thatsachen, welche wir resumirt haben, ins Auge fassen, so glaube ich mit Sicherheit behaupten zu können, dass in den Centralorganen die Nervenfasern keinen unabhängigen und isolirten Verlauf beibehalten, sondern vielmehr die charakteristische Eigenschaft darbieten, dass sie eine Vielheit von Beziehungen zu Ganglienzellen zeigen.

Sicherlich besteht diese Vielheit der Beziehungen hinsichtlich der Nervenfasern, welche für die einzelnen Schichten der grauen Substanz (Rinde der Windungen des Grosshirns und Kleinhirns, graue Substanz des Rückenmarks, Corpora striata u. s. w.) bestimmt sind, in Bezug auf die Ganglienzellen derselben Schichten, aber ebensowohl auch bezüglich der Zellengruppen, welche sich in weiter Entfernung von einander befinden; höchst wahrscheinlich findet weiterhin dieselbe Vielfältigkeit der Beziehungen ein und derselben Nervenfaser nach ihrem Eintritt in die Centren auch in Bezug auf Zellengruppen statt, welche verschiedenen Provinzen angehören, z. B. dem Rückenmarke, verlängerten Marke, den Kernen der Basis, der Rinde der Windungen. Die complicirten Verbindungen würden vermittelst der fortgesetzten Verzweigungen der Hauptfaser bewerkstelligt werden. Wenn wir z. B. eine die Markstränge des Rückenmarks durchlaufende Nervenfaser ins Auge fassen, so werden wir mit gutem Rechte annehmen können, dass sie vor allem durch Fibrillen, welche während ihres verticalen Verlaufes in diesen Strängen abgehen, vielfältige Beziehungen mit den Ganglienzellen des Rückenmarks besitzt, dass sie weiter in der Fortsetzung ihres verticalen Verlaufes durch andere secundäre Fibrillen von neuem weitere Beziehungen mit Zellen dieses oder jenes grauen Kernes des verlängerten Markes eingeht, dass dies ferner stattfindet mit den grauen Kernen der Hirnbasis, und dass sie endlich nach Vereinigung mit den Bündeln der Corona radiata auch complicirte Beziehungen mit verschiedenen Zellengruppen eines oder verschiedener Rindengebiete eingeht.

Wenn wir auf die Frage der Hirnlocalisationen näher eingehen, so können wir aus dem beschriebenen Verhalten der Nervenfasern schliessen, dass die Existenz genau begrenzter Gebiete ihrer centralen Ausbreitung absolut nicht anzunehmen ist; man darf höchstens Gebiete vorwiegender und mehr directer Ausbreitung annehmen, Gebiete also, mit welchen die von der Peripherie kommenden oder nach ihr gerichteten Nervenfasern einen innigeren oder directeren Zusammenhang haben würden, als mit anderen unmittelbar benachbarten oder entfernteren Partien, welche zwar in Verbindung mit diesen selben Fasern stehen würden, aber in einer weniger directen und innigen Weise. Es braucht wohl nicht noch besonders ausgeführt zu werden, dass man, wenn man von Gebieten vorherrschender Ausbreitung spricht, stillschweigend annimmt, dass sie in allmählichem Uebergang mit anderen benachbarten Gebieten verschmelzen, in welchen vorwiegend andere Systeme von Fasern zur Vertheilung kommen.

Wenn man dies festhält, so wird man vom anatomischen Standpunkte aus einem weiteren Grunde die Existenz in functioneller Beziehung genau umschriebener Gebiete verneinen können; besonders in dem Sinne der Localisationslehre, wie sie von Hitzig und auch von Ferrier vertreten wurde; in dieser Hinsicht werden wir vielmehr im Einklang mit den histologischen Thatsachen berechtigt sein zur Annahme von vorwiegend oder mit Vorliebe benutzten Leitungsbahnen und von Provinzen mit unbestimmten Grenzen, welche, wie sie vorwiegend oder mit Vorliebe erregt werden, so auch vorwiegend im entsprechenden Sinne auf die aufeinander folgenden Erregungen reagiren.

Auf Grund der soeben klargelegten Begriffe wird es nunmehr ziemlich leicht gelingen, einige der fundamentalen Thatsachen der Lehre von den Localisationen zu erklären, welche, wie wir gesehen haben, der Gegenstand langer Discussionen zwischen den Experimentatoren gewesen sind. — Auch hier werden wir uns jedoch darauf beschränken, die Frage bezüglich des Verschwindens und der Compensation der para-

lytischen Erscheinungen und der Sensibilitätsstörungen, welche durch die Zerstörung der verschiedenen Rindengebiete bedingt sind, einer Betrachtung zu unterziehen.

Wir haben gesehen, wie in Bezug auf die genannte Compensation von manchen Autoren von einer gesteigerten Function der symmetrischen Abschnitte der anderen Seite gesprochen worden ist, von anderen aber von einer functionellen Substitution der den zerstörten am nächsten liegenden Partien, von anderen auch noch von dem Schein einer functionellen Substitution, welche durch die anatomische Thätigkeit der basilaren Ganglien bedingt wäre. Hinsichtlich dieser Fragen haben wir schon bemerkt, dass die Erklärung der Erscheinung der Compensation, welche am besten mit den anatomischen Thatsachen im Einklang steht, die von Luciani und von Tamburini gegebene ist, welche, um das Verschwinden der paralytischen Phänomene und der Sensibilitätsstörungen zu erklären, von der Entwickelung oder Vervollkommnung oder dem Anwachsen der Function der anderen psycho-motorischen oder psycho-sensorischen Centren, welche in den Basilarganglien des Gehirns (psycho-motorische Centren der Corpora striata, psycho-sensorische in den Vierhügeln und den Thalami optici) existiren, ohne jedoch die Thätigkeit der entgegengesetzten Seite oder vielleicht bei der Vornahme der Operation unverletzt gebliebener centraler Abschnitte auszuschliessen.

Wenn ich von einem allgemeinen Gesichtspunkte der Annahme einer stärkeren Entwickelung und eines Anwachsens der Function verschiedener anderer Partien des Centralnervensystems beistimme, so werde ich mich doch wohl hüten, an der von einigen Autoren geführten Discussion Theil zu nehmen, ob auch in den basilaren Ganglien wahre psycho-motorische oder psycho-sensorische Centren vorhanden sein können, oder ob das Attribut psychisch nur den sogenannten Rindencentren zukommt.

Weil ich die Ueberzeugung habe, dass das, was wir conventionell mit dem Worte Psyche bezeichnen, die in einander greifende Thätigkeit der verschiedenen Partien des Centralnervensystems bedeutet, eine Thätigkeit, welche um so mehr complicirt (psychisch) ist, je grösser die Complication und die Entwickelung der zusammenarbeitenden Theile ist, halte ich jene Unterscheidung nicht nur für überflüssig, sondern neige sogar zu der Annahme, dass zwischen den einzelnen Provinzen, wenn man die isolirte Thätigkeit der verschiedenen Zellengruppen ins Auge fasst, wesentliche Verschiedenheiten überhaupt nicht existiren.

Dies vorausgesetzt, würde man, wenn man (mit Rücksicht auf den Ursprung der Nervenfasern) das Vorhandensein motorischer Centren sowohl in der Rinde als in den Basilarganglien annimmt, nicht wohl annehmen können, dass die Nervenzellen der Hirnrinde auf einer höheren Stufe ständen als die Zellen der Basiskerne, und auch nicht als diejenigen des Rückenmarks.

Ich nehme also an, dass die Compensation der functionellen Veränderungen, welche sich nach der Zerstörung der Rindengebiete einstellen, durch die Entwickelung und das Anwachsen der Function anderer Partien bedingt wird; alles dies steht jedoch in Beziehung mit dem Verlauf der Nervenfasern und den Verbindungen derselben mit den verschiedenen Partien der Centren. Wenn man in der That die von mir in Bezug auf den Verlauf und das Verhalten der Nervenfasern vorgebrachten Thatsachen im Auge behält, dann liegt die Vermuthung ganz nahe, dass z. B. nach der Zerstörung der Zone, in welcher sich eine Nervenfaser vorwiegend und in directer Weise ausbreitet, die Thätigkeit näher oder ferner liegender Zonen, mit welchen dieselbe Nervenfaser auch, aber in weniger directer Verbindung steht, gesteigert werden muss, und dass durch das Hervortreten der functionellen Thätigkeit dieser Zone zu gleicher Zeit auch die entsprechenden secundären Leitungswege besser zum Vorschein kommen, welche von den oft erwähnten, von den Nervenfasern nach und nach während ihres Verlaufs in die Centralorgane geschickten secundären Fibrillen repräsentirt werden.

Auf dieser Grundlage dürfte es nunmehr keine schwere Aufgabe mehr sein, für verschiedene andere Thatsachen, welche Gegenstand der Controverse zwischen Physiologen und Klinikern waren und noch sind, eine befriedigende Erklärung zu finden.

Auf diese Weise würden wir uns nicht nur die Unsicherheit und die Widersprüche erklären können, welchen man bezüglich der Abgrenzung der einzelnen Centren begegnet, sondern auch Beweisgründe dafür finden, dass eine genaue Grenzbezeichnung unmöglich ist, dass man vielmehr eine partielle Uebereinanderlagerung und gegenseitige Durchdringung der verschiedenen Centren annehmen muss; es würde auch nicht schwierig sein, eine Erklärung für die Widersprüche zu finden, welche sich auch in Bezug auf die topo-

graphische Angabe der erregbaren Stellen geltend machen. Beim Fehlen einer Constanz in den Beziehungen zwischen einer Bewegung und einem gegebenen Punkte der Hirnrinde könnte man z. B. durch Reizung verschiedener Stellen ein und dieselbe Bewegung erhalten, und umgekehrt könnten verschiedene Bewegungen durch wiederholte Reizung ein und derselben Stelle hervorgebracht werden u. s. w. Endlich liesse sich auf dieser Grundlage eine leichte Erklärung finden für das Wiederauftreten von Erregungsstellen in der Nachbarschaft einer nach der Exstirpation vorher bestimmter motorischer Gebiete entstandenen Narbe (BINSWANGER).

In Bezug auf die hier erwähnten Streitpunkte halte ich es für überflüssig, noch Worte zu verlieren, um die Erklärungen, welche von gewissen Anatomen jetzt vorgebracht wurden, hier zu wiederholen, dagegen verdient es, wie mir scheint, etwas mehr ans Licht gestellt zu werden, dass von dem Ganzen dieser Abhandlung Kriterien für eine strenge und umfassende Würdigung einiger die experimentelle Pathologie und die pathologische Anatomie betreffender Thatsachen geliefert werden.

Es wird allgemein angenommen, dass, wenn die Continuität eines peripheren Nerven mit centripetalem Leitungsvermögen unterbrochen wird, von der Unterbrechungsstelle bis zum centralen Ursprung der Nervenfasern in Folge der fehlenden Verbindungen mit der Peripherie jede functionelle Thätigkeit aufgehoben werden und in Folge dessen auch nothwendiger Weise eine Atrophie oder der Vorgang der aufsteigenden Degeneration auftreten müsse, welcher, von der verletzten Stelle ausgehend, nachdem er den ganzen Nervenstumpf bis zu der Stelle seines Hervorgehens aus den Centralorganen ergriffen hätte, sich auf diese letzteren ausdehnen würde. Dieser Vorgang müsste dabei den Weg nehmen, welcher in diesen Organen von den entsprechenden Nervenfasern verfolgt wird, und endlich die Schichten grauer Substanz befallen, welche die End- oder Anfangsstation aller betheiligten Fasern repräsentiren.

Auf Grund dieser supponirten Gesetze wurde das Studium der centralen Veränderungen, welche nach der Durchschneidung einiger Nerven auftreten, für die anatomische Untersuchung des wirklichen Ursprungs derselben in Anwendung gezogen.

Und so ist es gekommen, dass man in Bezug auf gewisse Regionen, welche man früher für Ursprungscentren bestimmter Nerven hielt, zur Zeit behaupten zu können glaubt, dass sie es in Wirklichkeit nicht sind, und zwar deshalb, weil in ihnen die Veränderungen gefehlt hatten (Atrophie und Degeneration), welche sich nothwendiger Weise nach der Durchschneidung dieser Nerven hätten einstellen müssen, wenn diese Partien in Wirklichkeit eines der Ursprungscentren wären.

Umgekehrt wurde dann auch und auf derselben Grundlage allgemein angenommen, dass auf die Zerstörung der verschiedenen Gebiete grauer Substanz (der Windungen und anderer Theile) nothwendiger Weise die absteigende Degeneration oder Atrophie derjenigen Fasern folgen müsse, welche ihren Ursprung von dem zerstörten Gebiete nehmen. Dementsprechend wurde der von der Degeneration verfolgte Weg in gleicher Weise der Kenntniss des normalen Verlaufs der verschiedenen Bündel der centralen Nervenfasern und wohl auch der Bestimmung der bezüglichen Gebiete peripherer Ausbreitung zu Grunde gelegt.

Das allgemeine Gesetz, nach welchem in den verschiedenen Organen und Geweben dem Aufhören der Function die Atrophie der unthätig gewordenen Partien nachfolgen muss, ist sicherlich richtig und findet seine Anwendung auch auf die nervösen Organe hinsichtlich ihrer specifischen Thätigkeit; keineswegs aber ist auch die Anwendung richtig, welche man in den einzelnen Fällen von demselben gemacht hat.

Wenn die allgemein angenommene Ansicht der Wahrheit entsprechend wäre, dass die Nervenfasern isolirt von den betreffenden Stellen ihres centralen Ursprungs bis zu den entsprechenden Stellen ihrer peripheren Endigung verliefen und umgekehrt, so dass sie also auch isolirte und directe centrifugale und centripetale Leitungsbahnen der Nervenerregung darstellten, dann wäre es richtig, nach einer Continuitätsunterbrechung einer Faser von centrifugalem Leitungsvermögen oder nach der Zerstörung des für die Entwickelung der centripetalen Nervenerregung bestimmten Organs zu erwarten, dass sich im ersten Falle eine regelmässige und ununterbrochene aufsteigende Atrophie bis in die graue Substanz oder im zweiten Fall eine ebenfalls regelmässige und ununterbrochene absteigende Atrophie entwickelte. Aber die Beziehungen der Ganglienzellen zu den Nervenfasern sind keineswegs so einfach, dass man derartige constante und typische Resultate erwarten könnte. Die Nervenzellen können, wie wir gesehen haben, in Verbindung mit verschiedenen Leitungsbahnen stehen, und in Folge dessen wird es bei einer Continuitätsunterbrechung einer Faser, welche Ursprungswurzeln von einer bestimmten Zelle bezieht, augenscheinlich nicht mit Nothwendigkeit zu erwarten

sein, dass selbige Zelle in Folge mangelnder Function der Atrophie verfällt oder degenerirt, da ja ihre functionelle Thätigkeit von den anderen Leitungsbahnen, mit welchen die Verbindungen nicht unterbrochen sind, unterhalten sein kann[1]). Gerade so wird es auch, wenn eine gewisse Gruppe von Zellen zerstört ist, keineswegs nothwendig sein, dass sämmtliche Fasern, welche von diesen Zellen Ursprungswurzeln beziehen, der Atrophie verfallen, weil ja ihre Function als Leitungsorgane von anderen Zellengruppen unterhalten werden kann, mit welchen sie sich durch andere Wurzeln weiter in functioneller Beziehung halten können.

Die hier als allgemeine These gemachten Bemerkungen über den Werth der Folgerungen, welche man aus den Studien über die sogenannten aufsteigenden und absteigenden Veränderungen ziehen wollte, genügen, um die Zurückhaltung zu rechtfertigen, welche ich diesen Studien gegenüber für nothwendig halte. Wenn wir uns also auf die Versuche einlassen wollen, welche gemacht wurden, um in ausgiebiger Weise die experimentellen und pathologisch-anatomischen Resultate, welche auf diese aufsteigenden und absteigenden Veränderungen Bezug haben, zum Studium der Localisation zu verwenden, dann finden wir, dass nicht nur die grösste Vorsicht bei der Annahme der vorgebrachten Schlüsse nothwendig ist, sondern wir glauben sogar ohne weiteres behaupten zu können, dass die Schlussfolgerungen, welche man aus diesen Beobachtungen zu ziehen gewillt ist, sei es zu Gunsten oder zu Ungunsten der Localisationslehre, zum grössten Theil wirklich als nicht berechtigt bezeichnet werden müssen.

Unter den zahlreichen Studien, welche uns auf diesem Gebiete entgegentreten, werde ich mich darauf beschränken, als Beispiel diejenigen von BINSWANGER anzuführen, welche wegen der Genauigkeit, mit welcher sie angestellt wurden, und der Wichtigkeit der von ihm vorgebrachten und klargestellten verschiedenartigen Thatsachen zu den interessantesten gehören[1]).

Bei Thieren, welchen die sogenannten motorischen Rindenzonen entfernt worden waren, deren Erregbarkeit vor der Operation man durch schwache elektrische Ströme constatirt hatte, erhielt BINSWANGER, wenn sie lange Zeit nach der Operation starben, in Bezug auf die secundäre absteigende Degeneration bei der genauesten mikroskopischen Untersuchung der verschiedenen Fasersysteme des Rückenmarks immer negative Resultate. In gleicher Weise fand er auch die Fasern der vorderen Pyramidenstränge und der Seitenstränge, welche bekanntlich nach den Untersuchungen von FLECHSIG ohne Unterbrechung vom Hirnmantel zu den Vorderhörnern des Rückenmarks gehen, in ihrem ganzen Verlaufe unversehrt. Diese Resultate machen es nach BINSWANGER sehr wahrscheinlich, dass in der erwähnten Rindenzone des Hundes der Endpunkt der centrifugalen Fasern nicht gesucht werden darf. Darum betrachtet er eben diese Resultate als sehr ungünstig für die Lehre von FERRIER; sie sollen, wie er sagt, vielmehr beweisen, dass die Pyramidenfasern an anderen bis jetzt noch nicht bekannten Orten der Hirnrinde oder der tieferen Regionen des Centralnervensystems endigen.

Können wir unsererseits nun die Schlussfolgerungen BINSWANGER's für gerechtfertigt halten? Ist die Folgerung berechtigt, dass das Fehlen der absteigenden Degeneration der Fasern des Marks und derjenigen der Pyramidenstränge beweist, dass der Ursprung dieser Fasern nicht in jener Rindenzone existiren kann, deren Erregbarkeit durch den elektrischen Strom vor der Zerstörung doch nachgewiesen worden war?

Es ist überflüssig, zu sagen, dass wir auf diese Frage mit Nein antworten müssen.

Die Schlüsse BINSWANGER's würden begründet sein, wenn er den Nachweis erbracht hätte, dass die in den Vorder- und Seitensträngen des Rückenmarks und in den Pyramidenbündeln abwärts verlaufenden Fasern in ausschliesslicher, directer und isolirter Verbindung mit den Ganglienzellen der durch die Operation weggenommenen motorischen Zonen stehen, was aber, wie wir gesehen haben, durchaus nicht der Fall ist; wir müssen vielmehr daran festhalten, dass jene Fasern auch mehr oder weniger directe Verbindungen mit anderen Centren besitzen. Wenn wir nun den Fall annehmen, dass eines dieser Centren, und wenn es auch das Hauptcentrum wäre, zerstört worden ist, so liegt darum doch kein Grund vor, dass die Thätigkeit der in Frage stehenden Fasern für aufgehoben gehalten werden und in Folge dessen in ihr Atrophie und Degeneration wahrzunehmen sein muss. Indem die Fasern der Pyramidenbündel mit anderen Centren in Verbindung

---

1) BINSWANGER, Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Grosshirnrinde. Centr. f. Nerv., Psychiatr. u. gerichtl. Psychopath., 1880. — Derselbe, Ueber die Beziehungen der sogenannten motorischen Rindenzone zu den Pyramidenbahnen. Arch. f. Psych. u. Nervenh., Bd. XI, 1881.

bleiben, in welchen dazu noch ein Zuwachs an functioneller Thätigkeit stattfinden kann, bleibt ihre fortleitende Thätigkeit erhalten, und es liegt deshalb kein Grund vor, dass die vorher supponirten absteigenden Veränderungen auftreten müssen. Wo und in welcher Ausdehnung sich diese Veränderungen geltend machen müssen, das ist kein Gegenstand, der zur Zeit auf genügender Grundlage discutirt werden kann.

Wir wollen hier zum Schluss auf eine andere Folgerung aufmerksam machen, welche direct die Physiologie betrifft und welche aus den Thatsachen hervorgeht, welche wir hinsichtlich des Verlaufes und des Verhaltens der Nervenfasern haben richtigstellen können. Das ist folgende: Bezüglich der Art und Weise des Functionirens der verschiedenen grauen Schichten der Centren rechtfertigen die Eigenthümlichkeiten der anatomischen Organisation, welche durch die letzten Untersuchungen zu Tage gefördert wurden, die Annahme, dass in denselben nicht sowohl eine individuelle, isolirte Action der einzelnen Nervenzellen, sondern vielmehr ein Zusammenwirken ausgedehnter Gruppen und vielleicht auch ein Zusammenwirken oder Mitwirken von Zellengruppen, welche verschiedenen Zonen angehören, stattfindet. Und aus dieser Folgerung ergiebt sich eine weitere, welche eine Einschränkung für ein bekanntes physiologisches Gesetz in sich schliesst und welche von mir schon bei einer anderen Gelegenheit in folgender Weise formulirt worden ist: »Dem sogenannten Gesetz von der isolirten Leitung ist jetzt, soweit man es auf die Art und Weise des Functionirens der Ganglienzellen und Nervenfasern der Centralorgane anwenden will, jede anatomische Grundlage entzogen.« Es ist überflüssig, zu sagen, dass diese neue Folgerung dasselbe Gesetz in seiner Anwendung auf die Art des Functionirens der peripheren Nervenfasern absolut nicht berührt.

Verzeichniss meiner auf das Rückenmark und die Centralorgane bezüglichen Arbeiten:

1) Studii istologici sul Midollo Spinale — Mittheilung, welche auf dem dritten italienischen in Reggio Emilia im September 1880 gehaltenen psychiatrischen Congresse gemacht wurde. — Rendiconti des genannten Congresses und Archivio Italiano per le Malattie nervose ecc., Heft 1, Jahrg. 18, 1881.

2) Sulla Origine centrale dei Nervi — Mittheilung, welche in der anatomischen Section des im Sept. 1880 in Genua gehaltenen IX. medic. Congresses gemacht wurde. — Atti dieses Congresses und Giornale Internazionale delle Scienze mediche, Jahrg. 3, 1881. — II. Theil Ricerche intorno al Midollo spinale.

3) La Cellula nervosa motrice — Mittheilung, welche auf dem im Sept. 1883 in Voghera gehaltenen IV. Congresse der Società phreniatrica italiana gemacht wurde. — Atti dieses Congresses, Milano, Tipografia Fratelli Rechiedei 1884 — Archivio Italiano per le Malattie nervose, Jahrg. 21.

4) Studii sulla fina Anatomia degli Organi centrali del Sistema nervoso. — Editore Hoepli, Milano 1885/86.

5) Una parola dell' anatomia a proposito di una questione di fisiologia e clinica. — Gazetta degli Ospedali, 1882, Milano.

6) Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales. — Archives Italiennes de Biologie, Tome II, 1882, Hermann Löscher.

7) Meine Bemerkungen zu der italienischen Uebersetzung der „Grundriss der normalen Histologie des Menschen von Dr. S. L. Schenk, von Dr. Achille Monti, editore F. Vallardi, Milano 1889 (Bemerkung zu dem Capitel „Cellule gangliari“ von Seite 92 bis Seite 97).

No. XII.

Ueber den centralen Ursprung der Nerven.

Von

Professor **C. Golgi.**

Vorgetragen in der Section für Anatomie des dritten medicinischen Congresses in Genua im September 1880.

Die Frage nach der Art, wie die Nerven aus den nervösen Centralorganen entspringen, gehört zu denen, mit welchen sich die Anatomen in neuerer Zeit vorzugsweise beschäftigen, und die dennoch zu den am meisten umstrittenen gehört.

Die Ganglienzellen des Gehirns und Rückenmarks werden bekanntlich allgemein als die Elementarorgane betrachtet, aus denen die Nervenfasern entspringen; aber wenn wir uns nicht mit kategorischen Behauptungen begnügen wollen, welche vielleicht nur Hypothesen sein könnten, sondern den Gegenstand genau kennen zu lernen wünschen, so ist zu bemerken, dass nicht nur die Art, wie die einzelnen Fasern mit den Zellen in Verbindung treten, Gegenstand des Streites ist, sondern dass man es noch in unseren Tagen in Zweifel gezogen hat, ob wirklich der strenge Beweis für den behaupteten Zusammenhang der beiden das Centralnervensystem bildenden Elemente erbracht worden sei. Wenn man von gewissen anspruchsvollen Skepticismen absieht [wie von dem HYRTL's, welcher, sich einen Ausdruck VOLKMANN's aneignend, noch vor kurzem den Ausspruch zu thun wagte: »Die Ursprungsweise der Nervenfasern wird immer unbekannt bleiben«! [1]], um die neuesten Untersuchungen in Betracht zu ziehen, so muss man anerkennen, dass der Beweis für diese Verbindung der Fasern bis jetzt nur für eine beschränkte Kategorie derselben geführt worden ist, während für den grössten Theil ihr Zusammenhang mit den Zellen noch immer hypothetisch ist. In dieser Beziehung brauche ich nur daran zu erinnern, dass in der wichtigsten Arbeit dieser letzten Jahre über den wirklichen Ursprung der Nerven der Verfasser, LAURA, nach einer genauen Uebersicht über die Resultate der anderen Beobachter, behauptet: »selbst die einfachsten Thatsachen, wie z. B. die Verbindung der vorderen Wurzeln und irgend eines Hirnnerven mit seinen sogenannten Ursprungskernen, seien durchaus noch nicht mit vollkommener Sicherheit nachgewiesen«.

Wenn wir von der Anatomie die Lösung einiger anderer Probleme verlangen, welche die Physiologie näher angehen, wie z. B., ob in den betreffenden Ursprungscentren die verschiedenen Arten von Nervenfasern (Empfindungs- und Bewegungsnerven) unter einander Unterschiede in der Verbindungsweise mit den entsprechenden Zellengruppen aufweisen, ob vielleicht auch Unterschiede in der Art des Ursprungs der verschiedenen Sinnesnerven vorhanden sind, oder ob es morphologische oder anderweitige Charaktere giebt, an denen man die für motorisch gehaltenen Zellen von den für sensorisch geltenden unterscheiden kann, wenn wir, sage ich, von der Anatomie eine Antwort auf diese und andere Fragen verlangen, so müssen wir bekennen, dass wir auf strittiges Gebiet gelangen, auf welchem noch die vollkommenste Dunkelheit herrscht.

---

1) J. HYRTL, Lehrbuch der Anatomie des Menschen, 13. Aufl., Wien 1875, S. 167.

Allerdings haben einige Beobachter alle diese Fragen beantworten zu können geglaubt, aber es ist nur zu gewiss, dass keine der gegebenen Antworten der Controle einer strengen Untersuchung widersteht.

Ich würde eine langwierige und unzweckmässige Arbeit unternehmen, wollte ich eine vollständige, historische Uebersicht über die Meinungen geben, welche sich über den speciellen Gegenstand der Verbindungsweise zwischen Nervenzellen und -fasern das Feld streitig gemacht haben; ich beschränke mich darauf, diejenige Ansicht anzuführen, welche als von den modernen Anatomen allgemein angenommen betrachtet werden kann.

Nach dieser Ansicht, welche sich besonders auf die Resultate der Untersuchungen von Deiters, Schultze, Koschwennikoff und Gerlach gründet und auch von Laura vertheidigt wird, entspringen die Nervenfasern aus den Ganglienzellen auf zwei wesentlich verschiedene Arten, nämlich:

1) auf directe Weise durch einen speciellen, von allen anderen durch physische und chemische Charaktere unterschiedenen Fortsatz, welcher einfach bleibt und direct den Axencylinder einer nervösen Markfaser bildet;

2) auf indirecte Weise durch die zahlreichen, sogenannten protoplasmatischen Fortsätze, welche durch vielfache Zertheilung ein feines Netz bilden, zu welchem durch ebensolche Theilung ihrer Axencylinder auch viele von den Nervenfasern beitragen, welche aus der Medullarsubstanz kommen und in die graue Substanz eintreten.

In dem ersten Falle würde sich also ein specieller Fortsatz in eine Nervenfaser verwandeln, indem er sich einfach mit der Markscheide bedeckte; in dem zweiten würde die Verbindung zwischen Zelle und Faser durch Vermittelung eines Netzes zu Stande kommen, welches durch unendliche Theilung der Protoplasmafortsätze der ersteren und der Axencylinder der zweiten entstanden wäre.

Ob die hier vorgetragene Ansicht auf sicher nachgewiesenen Thatsachen beruhe, oder ob auch sie, wie andere, welche ihr vorausgegangen sind, nur eine wahrscheinliche anatomische Hypothese sei, das war die Hauptaufgabe, welche ich mir zu lösen vorgenommen hatte, als ich die Untersuchungen unternahm, welche den Gegenstand dieser Mittheilung bilden. Im Hinblick auf die erhaltenen Resultate wage ich schon jetzt zu behaupten, dass sie einen Vorrath von Thatsachen darstellen, welche erlauben, das Problem über den centralen Ursprung der Nerven als im Wesentlichen gelöst zu betrachten, und in der That fehlen jetzt zur Vervollständigung des Bildes nur noch einige nebensächliche Einzelnheiten.

Indem ich mir vorbehalte, in einer eigenen Arbeit, mit allen nöthigen Einzelnheiten und begleitet von den nöthigen Abbildungen, alle die Thatsachen zu beschreiben, welche ich das Glück hatte, über diesen Gegenstand mittels eigenthümlicher, äusserst zarter Methoden nachzuweisen, werde ich mich bei dieser Gelegenheit darauf beschränken, diese Thatsachen einfach aufzuzählen, und sie nur durch die Vorzeigung einiger Präparate unterstützen.

1) Wenn man das Problem des Ursprunges der Nerven aus den verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems untersucht, so bemerkt man, dass allerdings einige nebensächliche, morphologische Unterschiede in der Vertheilung und Anordnung der Elementarorgane bestehen, aber was die wesentlichen Beziehungen zwischen Nervenzellen und Fasern betrifft, so herrschen beständige Gesetze und vollkommene Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Provinzen.

2) Im Allgemeinen können die Nervenzellen nach ihrer Gestalt, dem besonderen Aussehen des Zellkörpers und des Kernes, nach der Art, wie die Fortsätze aus ihm entspringen, und der Verzweigungsart der letzteren von einem geübten Beobachter von den anderen zelligen Elementen unterschieden werden. Aber keines von diesen Kennzeichen kann als absolut gelten, denn wenn man nur nach obigen Angaben urtheilt, so geschieht es nicht selten, dass man ungewiss bleiben muss, ob gewisse Elemente zu dem Bindegewebs- oder Nervensystem gehören, und es ist bekannt, dass die Urtheile der Histologen einander über nicht wenige Elemente widersprechen. Es giebt jedoch ein durchaus charakteristisches Kennzeichen, wonach eine Zelle als nervös mit Sicherheit bezeichnet werden kann; dies ist das Vorhandensein eines (immer einzigen) Fortsatzes, welcher sich von allen anderen unterscheidet und sich in eine oder mehrere Nervenfasern fortsetzt. So ist also die einzige Eigenschaft, um derentwillen eine Zelle für nervös erklärt werden kann, die Gegenwart eines besonderen Fortsatzes, welcher bestimmt ist, sich in eine oder mehrere Nervenfasern zu verwandeln. Nur

durch Auffindung dieses Fortsatzes ist es mir gelungen, verschiedene Arten von Elementen für nervös erklären zu können, welche bisher allgemein dem Bindegewebe zugerechnet worden waren.

3) Von den sogenannten Protoplasmafortsätzen entspringen auf keine Weise, weder direct noch indirect, Nervenfasern; von diesen bleiben sie immer unabhängig, aber sie stehen in inniger Beziehung mit den Bindegewebszellen und den Blutgefässen. Man muss also ihre functionelle Bestimmung von dem Gesichtspunkte der Ernährung des Nervengewebes aus suchen; sie stellen wahrscheinlich die Wege dar, auf welchen die Verbreitung des Nahrungsplasmas von den Blutgefässen und Bindegewebszellen zu den Ganglienzellen stattfindet.

4) Die Nervenzellen aller Provinzen des Centralnervensystems stehen nach einem durchaus ausnahmslosen Gesetze mit den Nervenfasern nur durch einen einzigen ihrer Fortsätze in Verbindung, den besonderen, oben genannten, welcher zu Ehren des Forschers, welcher ihn, so zu sagen, berühmt gemacht hat, allgemein der Fortsatz von Deiters oder der Axencylinderfortsatz genannt worden ist, und den wir immer als nervösen Fortsatz bezeichnen werden. Man kann also in Hinsicht auf ihre specifische Function alle Centralnervenzellen als monopolar betrachten.

5) Die Thatsache, dass die Nervenzellen sich nur durch ihren einzigen, nervösen Fortsatz mit den Organen in Verbindung setzen, mittelst deren sie ihre functionelle Thätigkeit ausüben (Bewegungs- und Empfindungsnerven), steht mit einer anderen von bedeutender Wichtigkeit in Verbindung, nämlich dass die Unterschiede zwischen den Nervenzellen der Bewegung und denen der Empfindung vorzüglich, wenn nicht ausschliesslich, auf der Art und Weise beruhen, wie die Verbindung dieses einzigen Fortsatzes mit den entsprechenden Bewegungs- und Empfindungsnerven zu Stande kommt. Im Vergleich hiermit sind die Unterschiede der Gestalt und, mit einigen Ausnahmen, die in der Lage der Ganglienzellen von untergeordneter Bedeutung. Als offenbare Folgerung aus diesem Gesetz können wir annehmen, dass man bei anatomischen Untersuchungen der Nervencentra auf die Function einer Zelle oder Zellengruppe aus dem blossen Verhalten ihrer nervösen Fortsätze, aus der Art, wie diese ihre Verbindung mit den entsprechenden Bündeln von Nervenfasern ins Werk setzen, einen begründeten Schluss machen kann.

6) Irrthümlich ist Alles, was in Bezug auf den nervösen Fortsatz der Ganglienzellen zuerst von Deiters behauptet und dann von allen Anatomen bekräftigt worden ist, welche sich mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, dass er nämlich immer unverzweigt bleibe und unmittelbar zum Axencylinder einer Nervenfaser werde. Dagegen ist es die Regel, dass dieser Fortsatz in grösserer oder geringerer Entfernung von seinem Ausgangspunkte aus der Zelle eine grössere oder kleinere Zahl von Filamenten abgiebt, welche alle Nervenfibrillen darstellen.

7) Das Verhalten des nervösen Fortsatzes ist übrigens nicht bei allen Ganglienzellen gleich; man beobachtet sogar auffallende Unterschiede. Bei vielen Ganglienzellen theilt sich der nervöse Fortsatz in toto auf complicirte Weise und nimmt mit seinen fortgesetzten Verästelungen an der Bildung eines feinen Nervennetzes Theil, welches, wie ich weiterhin ausführlicher sagen werde, über alle Schichten der grauen Substanz verbreitet ist. Dagegen liefert der nervöse Fortsatz vieler anderer Ganglienzellen zwar ebenfalls einige Filamente, welche bestimmt sind, durch weitere Theilungen ebenfalls an der Bildung des erwähnten diffusen, nervösen Netzes Theil zu nehmen, aber er gelangt in die Markschichten, indem er seine Individualität bewahrt, und bildet daselbst in der That den Axencylinder einer Markfaser.

8) Nach dem verschiedenen Verhalten des nervösen Fortsatzes in der grauen Substanz der Nervencentra im Allgemeinen glaube ich, zwei Hauptarten von Ganglienzellen unterscheiden zu können, nämlich:

a) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz, obgleich er einige seitliche Fäden abgiebt, seine Individualität bewahrt und mit den Nervenfasern eine directe Verbindung eingeht.

b) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz sich complicirt theilt, seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines diffusen Nervennetzes Theil nimmt, also Zellen, welche gewissermaassen mit den Nervenfasern in indirecter Verbindung stehen.

Aus genauen Untersuchungen über die beiden angegebenen Zellenarten geben folgende Gründe schon hinreichende Berechtigung zu der Annahme, dass die Zellen der ersten Kategorie von motorischer oder psycho-motorischer, die der zweiten von sensorischer oder psycho-sensorischer Natur sind.

9) In allen Schichten der grauen Substanz der nervösen Centralorgane findet sich, wie oben angegeben wurde, ein feines, complicirtes, diffuses, nervöses Netz, zu dessen Bildung beitragen:

a) Die Fasern, welche von dem nervösen Fortsatze der Zellen der ersten Kategorie herkommen (motorische oder psycho-motorische).

b) In toto, durch unendliche Zertheilung, die nervösen Fortsätze der Zellen der zweiten Kategorie (sensorische oder psycho-sensorische).

c) Die Fasern, welche von den Axencylindern desjenigen Theiles der Nervenfasern herkommen, welche aus der weissen Substanz hervorkommen, um in die graue einzutreten, und mit den nervösen Fortsätzen der Zellen der ersten Kategorie in unmittelbare Verbindung treten.

d) Viele Axencylinder in toto, nämlich diejenigen, welche, gleich den nervösen Fortsätzen der Zellen der zweiten Kategorie, sich in feine Fäden auflösen und so, ihre Individualität verlierend, in das Netz eintreten.

Ueber die Bedeutung der bis jetzt aufgezählten Thatsachen beschränke ich mich für jetzt auf folgende Bemerkung:

Wenn man annimmt, dass die Verbindung zwischen den sensorischen Nervenfasern und den sensorischen Ganglienzellen durch Vermittelung eines Netzes vor sich geht, welches vorwiegend aus der feinen Vertheilung der Axencylinder jener und der nervösen Fortsätze dieser entsteht, so muss man offenbar auch zugeben, dass die von den nervösen Fortsätzen der für motorisch gehaltenen Zellen und von den Axencylindern der Bewegungsfasern ausgehenden Fasern, welche sich fein zertheilen und ebenfalls in jenes Netz eintreten, die functionellen Verbindungswege zwischen den beiden verschiedenen Kategorien von nervösen Zellen und Fasern herstellen. Vorzüglich die Reflexwirkungen liessen sich auf diese Weise leicht erklären.

Das bis jetzt Vorgetragene stellt gewissermaassen allgemeine Gesetze über den Ursprung der Nervenfasern dar, welche aus eingehenden, vergleichenden Untersuchungen am Rückenmark, Kleinhirn und mehreren der wichtigsten Provinzen des Grosshirns ausgeführt wurden. Aber während, wie ich schon bemerkte, über die Hauptthatsachen, welche sich auf das allgemeine Problem der zwischen Nervenzellen und -fasern herrschenden Verbindung beziehen, in den verschiedenen Theilen des Centralnervensystems vollkommene Uebereinstimmung herrscht, bestehen natürlicher Weise ziemlich bedeutende Unterschiede in Bezug auf einige Einzelnheiten, z. B. über Gestalt, Grösse und Anordnung der Ganglienzellen, über die erste Richtung, den weiteren Verlauf und die möglichen Beziehungen der nervösen Fortsätze unter einander und zu Nervenbündeln von bekannter Bestimmung und Function, sowie über das Verhalten dieser Nervenfortsätze im Ganzen. Die Beachtung dieser Unterschiede ist von grösstem Interesse, um zu begründeten Schlüssen über die Functionen dieser verschiedenen Zellengruppen und der Provinzen, zu denen sie gehören, gelangen zu können.

Bei der Darstellung des speciellen Theils der Resultate meiner Untersuchungen halte ich es für zweckmässig, mit dem Rückenmarke anzufangen, weil wir über die Function der verschiedenen Theile dieses Organs und besonders über die Natur der Nervenbündel, welche aus ihm austreten, schon ziemlich genaue Kenntnisse besitzen, und weil offenbar die genauen anatomischen Einzelnheiten, welche in ihm auftreten, zur Beurtheilung ähnlicher oder gleicher Einzelnheiten dienen können, welche sich vielleicht in anderen Provinzen des Centralnervensystems finden werden.

Untersuchungen über das Rückenmark.

Ich fasse die Resultate meiner speciellen Untersuchungen über das Rückenmark möglichst kurz zusammen.

1) Alle Ganglienzellen des Rückenmarks, ohne Ausschluss (wie GERLACH und BOLL behauptet haben) der der Hinterhörner oder der CLARKE'schen Säulen, sind mit einem besonderen Fortsatze versehen, durch physisch-chemische Eigenschaften von allen anderen verschieden, vermittelst dessen sie sich mit den Nervenfasern in Verbindung setzen. Die einzige durchaus charakteristische Eigenschaft, nach welcher eine Zelle des Rückenmarks mit Sicherheit für nervös erklärt werden kann, besteht in der Gegenwart dieses besonderen, immer einzigen Fortsatzes.

Bloss auf die Feststellung dieses Charakters gestützt, schreibe ich gegen die Meinung von KOELLIKER, welcher behauptet, die sogenannte gelatinöse Substanz von ROLANDO enthalte nur Bindegewebselemente, dieser Substanz zahlreiche Ganglienzellen zu.

2) Die Ganglienzellen des Rückenmarks, sowohl die der Vorder- als die der Hinterhörner und der dazwischen liegenden Zonen stehen mit den Nervenfasern nur durch einen einzigen Fortsatz in Verbindung, den oben genannten, den wir immer als den nervösen Fortsatz bezeichnen werden. Also kann man von dem Gesichtspunkte ihrer specifischen Function aus alle Nervenzellen des Rückenmarks als monopolar betrachten.

3) Wenn man die Zellen der grauen Säulen des Rückenmarks unter einander vergleicht, so bemerkt man Unterschiede in der Gestalt, Grösse und in der Verzweigungsart der Protoplasmafortsätze; aber dieselben sind nur secundär und hängen wahrscheinlich nur von den örtlichen Entwickelungsbedingungen ab; der einzige wirklich wichtige Unterschied besteht in dem Verhalten des nervösen Fortsatzes.

4) In Bezug auf das verschiedene Verhalten des nervösen Fortsatzes in der grauen Substanz des Rückenmarks glaube ich zwei Typen von Ganglienzellen unterscheiden zu können, nämlich:

a) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz zwar einige Fasern abgiebt, aber seine Individualität bewahrt und in den Axencylinder einer Nervenfaser übergeht.

b) Ganglienzellen, deren nervöser Fortsatz in sehr feine Fasern zerfällt, seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung eines diffusen nervösen Netzes Theil nimmt.

5) Da der zweite dieser Zellentypen vorwiegend in der Vertheilungszone der hinteren Wurzeln vorkommt (Hinterhörner im Allgemeinen und besonders die gelatinöse Substanz von ROLANDO), so entsteht von selbst die Vermuthung, dass die Zellen des zweiten Typus von sensorischer, die des ersten Typus dagegen von motorischer Natur seien. Diese Vermuthung wird sehr durch die Thatsache bestärkt, dass in anderen Regionen des Centralnervensystems, z. B. in den oberflächlichsten Schichten der Eminentiae bigeminae, wo sich unzweifelhaft Sinnesnervenfasern vertheilen (Fasern des Tractus opticus), sich ausschliesslich oder in grosser Mehrzahl Zellen finden, deren nervöser Fortsatz sich complicirt theilt und seine eigene Individualität verliert.

6) In der grauen Substanz des Rückenmarks findet sich ein diffuses nervöses Netz, welches durch die Medulla oblongata hindurch mit dem feinen nervösen Netze in Verbindung steht, welches auch in allen Schichten der grauen Substanz des Grosshirns vorhanden ist.

Was das Rückenmark im Besonderen betrifft, so scheint dieses Netz zu bestehen:

a) aus den Fibrillen, welche aus der complicirten Vertheilung der nervösen Fortsätze der Ganglienzellen der gelatinösen Substanz ROLANDO's und eines Theiles der Ganglienzellen der eigentlich so genannten Hinterhörner hervorgehen;

b) aus den Nervenfasern der hinteren Wurzeln, welche sich auf dieselbe Weise complicirt vertheilen, wie die genannten Fortsätze;

c) aus den von jenen nervösen Fortsätzen ausgehenden Fibrillen, welche, trotz der Abgabe eben dieser Fibrillen, ihre Individualität bewahren (Zellen der Vorderhörner — einige Zellen der Hinterhörner — andere, hier und da in den Zwischenzonen zerstreute);

d) aus den Fasern, welche von den Axencylindern der Nervenfasern der verschiedenen Stränge der weissen Substanz (vordere, seitliche und hintere) herkommen, schief oder horizontal in die graue Substanz eindringen und sich hier auf dieselbe Weise zertheilen, wie die von den nervösen Fortsätzen herkommenden Fibrillen.

7) Wenn man, auf bloss anatomische Gründe gestützt, entscheiden wollte, welche Function eine Ganglienzelle des Rückenmarks oder eine Gruppe derselben ausübe, so wäre man berechtigt es zu thun, indem man nur das Verhalten, den Verlauf und die Beziehungen des nervösen Fortsatzes zu Grunde legte.

8) In der grauen Substanz des Rückenmarks ist es im Allgemeinen nicht möglich, eine genaue, topographische Beschreibung (wie sie der grösste Theil der Histologen geben will) über die Gruppen der Ganglienzellen zu liefern, denn in ihrer Vertheilung bestehen sehr grosse Unterschiede auch für die einander zunächst liegenden Abschnitte. Ausserdem wäre eine solche Gruppirung unzweckmässig, weil man den einzelnen Gruppen der einen oder anderen Stelle keine bestimmte physiologische Bedeutung beilegen, sondern nur aus dem Verlauf, dem Verhalten und den Beziehungen des nervösen Fortsatzes einen Schluss ziehen kann. Nicht selten beobachtet man, dass einander ganz nahe liegende Zellen ihre nervösen Fortsätze nach gerade entgegengesetzten Richtungen absenden, also mit ganz von einander verschiedenen Bestimmungen. So

habe ich zwei in der Nähe der Seitenstränge gelegene, sich fast berührende Zellen gesehen, von denen die eine ihren nervösen Fortsatz (welcher einen Bogen bildete) in den entsprechenden Seitenstrang entsandte, während die andere den ihrigen durch die vordere Commissur in die graue Substanz der entgegengesetzten Seite schickte.

9) Da es nun einerseits, wie ich schon sagte, bei dem Studium der Ganglienzellen des Rückenmarks am meisten darauf ankommt, das Verhalten und den Verlauf der nervösen Fortsätze zu bestimmen, während es andererseits wegen der vielen Unregelmässigkeiten, welche in dieser Beziehung vorkommen, unmöglich ist, allgemeine Gesetze auszusprechen, oder die Nervenzellen je nach der Bestimmung ihrer nervösen Fortsätze in Gruppen zu theilen, so muss man sich für jetzt damit begnügen, eine möglichst grosse Zahl von besonderen Fällen in Betracht zu ziehen, in der Hoffnung, dass diese in Zusammenstellung mit anderen einst als Grundlage zum Verständniss der Gesetze dienen könnten, deren Formulirung zum Nutzen der Physiologie uns angelegen sein muss.

Ueber das Verhalten und den Verlauf der nervösen Fortsätze kann ich bis jetzt folgende Thatsachen liefern:

Zu der ersten Kategorie von Ganglienzellen, also zu denen, deren nervöser Fortsatz sich complicirt zertheilt, seine eigene Individualität verliert und in toto an der Bildung des diffusen, nervösen Netzes Theil nimmt, gehören:

a) Die Zellen der gelatinösen Substanz von ROLANDO.

b) Eine grosse Zahl der Zellen, welche der vor der gelatinösen Substanz von ROLANDO gelegenen grauen Substanz angehören (den eigentlich sogenannten Hinterhörnern).

c) Einige in der Zone zwischen den Vorder- und Hinterhörnern unregelmässig zerstreute Zellen, von denen einige sogar dem Bereiche der Vorderhörner angehören.

Zu der zweiten Kategorie von Ganglienzellen gehören diejenigen, deren nervöse Fortsätze, obgleich sie ebenfalls einige Fasern abgeben (welche ihrerseits, sich fein zertheilend, an der Bildung des diffusen Netzes Theil nehmen), ihre Individualität behaupten und in Form eines deutlichen Fadens in den Axencylinder einer Marknervenfaser übergehen:

a) Die grosse Mehrzahl der Nervenzellen der Vorderhörner.

b) Mehrere den eigentlich so genannten Hinterhörnern angehörende Zellen.

c) Andere, in der Zwischenzone zwischen den beiden vorigen gelegene Zellen, besonders die in der Nähe der Seitenstränge liegenden.

Ueber den Verlauf und die Bestimmung der nervösen Fortsätze dieser zweiten Art habe ich noch Folgendes hinzuzufügen:

a) Die Ganglienzellen der Vorderhörner senden in der Mehrzahl ihre nervösen Fortsätze bisweilen ziemlich direct, bisweilen nach weitem Umherschweifen in die vorderen Stränge und Wurzeln, aber eine nicht unbedeutende Zahl von ihnen sendet ihre Fortsätze durch die vordere Commissur nach den Strängen von weisser Substanz der entgegengesetzten Seite; auch fehlt es nicht an Zellen der vorderen Stränge, welche die genannten Fortsätze in die seitlichen und vorderen-seitlichen Stränge schicken.

b) Von denjenigen Zellen der Hinterhörner, deren nervöser Fortsatz seine Individualität behält, habe ich einige ihren Fortsatz in die hinteren-seitlichen Stränge senden sehen, andere in die Seitenstränge, noch andere bis in das Bereich der Vorderhörner, ohne dass es mir möglich gewesen wäre, das weitere Schicksal dieser letzteren zu erforschen.

Endlich habe ich auch in einigen Fällen beobachtet, dass der nervöse Fortsatz einer Ganglienzelle der Hinterhörner einer Seite ebenfalls die vordere Commissur durchquerte und mit den Nervenfasern der Vorderstränge der anderen Seite in Verbindung trat.

c) Die nervösen Fortsätze einer Zellengruppe, welche neben dem Centralkanale liegt. Ich sah sie in grosser Mehrzahl das zuletzt angegebene Verfahren befolgen, nämlich die vordere Commissur durchziehen, um sich zu den Vordersträngen der entgegengesetzten Seite zu begeben; einige liefen aber auch zu den Seitensträngen der entsprechenden Hälfte des Rückenmarks.

d) Die in der Zone der grauen, den Seitensträngen naheliegenden Substanz befindlichen Zellen schicken

ihre nervösen Fortsätze in eben diese Seitenstränge, aber nicht allzu selten gehen diese Fortsätze ebenfalls durch die Commissur zu der entgegengesetzten Hälfte des Rückenmarks.

Unter den hier beschriebenen Einzelnheiten über den Verlauf der nervösen Fortsätze will ich hier eine davon noch besonders ins Licht setzen, dass nämlich nach Durchquerung der vorderen Commissur diejenigen Fortsätze sich in die entgegengesetzte Hälfte des Rückenmarks begeben, welche angehören:

1) Zellen der Hinterhörner,

2) Zellen der Vorderhörner,

3) Zellen der Zwischenzone, welche also in gleicher Höhe mit dem Centralkanal und den Seitensträngen liegen.

Ueber diese die Commissur durchkreuzenden Elemente will ich ferner bemerken, dass sie in ihrem Verlaufe Fasern abgeben, welche sich weiter theilen und an der Bildung des diffusen Nervennetzes Theil nehmen. Ich füge noch hinzu, dass ich dies sowohl vor ihrer Ankunft an der Commissur und während ihres Durchganges, als nach demselben beobachtet habe. Die grösste Zahl von Fibrillen sah ich gerade an der Commissur und jenseits derselben abgehen; diesseits, auf der Seite der Ursprungszellen habe ich diese Eigenthümlichkeit in seltenen Fällen gesehen.

Noch muss ich hinzufügen, dass ich mich nicht immer überzeugen konnte, dass diese die Commissur durchquerenden Fortsätze mit den Marksträngen der entgegengesetzten Seite (vordere und vorderseitliche Stränge) in Verbindung treten; öfters schien es mir dagegen, als ob diese Fortsätze nach Ueberwindung der Commissur sich in zahlreiche Fasern auflösten und mit dem Nervennetze der grauen Substanz vermischten. Ueber diesen Punkt behalte ich mir vor, weitere, genaue Untersuchungen anzustellen.

Von den von mir bis hierher kurz vorgetragenen histologischen Einzelnheiten lassen sich einige leicht physiologisch erklären, die Bedeutung anderer erscheint dunkel. Zu Anfang dieses Vortrags erwähnte ich einige Forderungen der Physiologie, denen die Anatomie bis jetzt nicht genügen konnte, und kann jetzt nicht umhin, darauf aufmerksam zu machen, dass die angeführten Thatsachen die Bahnen angeben, auf welchen im Rückenmarke die Uebertragung der sensorischen Reizung auf die Bewegungsfasern von Statten geht. Offenbar werden diese Bahnen durch die Fasern dargestellt, welche, von den Nervenfortsätzen solcher Zellen ausgehend, welche ich als solche der zweiten Kategorie bezeichnet habe, mit Zellen der ersten Kategorie und mit den hinteren Wurzeln durch das diffuse, nervöse Netz in indirecte Verbindung treten. Auch die sogenannten Diffusionserscheinungen, sowie die gekreuzten und allgemeinen Reflexwirkungen, welche man an Thieren wahrnehmen kann, welche man des Gehirns zugleich mit der Medulla oblongata beraubt hat (man sehe die Experimente von Pflüger, Luchsinger, Langendorff und Oehl), würden durch die Kenntniss der beschriebenen histologischen Eigenthümlichkeiten leicht eine Erklärung finden.

In Bezug auf das andere, zu Anfang erwähnte Beispiel will ich nur bemerken, dass in der gegebenen Auseinandersetzung ein anatomischer Unterschied (von Elementen) beschrieben ist, welcher functionellen Unterschieden entspricht; dass zu gleicher Zeit andere Unterschiede bestehen, chemische und andersartige, lässt sich gewiss nicht ausschliessen, ja es ist wahrscheinlich; aber vom morphologischen Gesichtspunkte glaube ich versichern zu können, dass der Unterschied, von dem ich gesprochen habe, der wichtigste ist.

Die verschiedenen von mir am Rückenmarke, an welchem die den einzelnen Theilen zukommenden Functionen ziemlich gut bekannt sind, beschriebenen Einzelnheiten haben für mich noch dadurch besonderen Werth, dass sie mir die Grundlage über gleiche oder ähnliche Besonderheiten liefern, welche sich in anderen Theilen des Nervensystems gefunden haben oder noch finden können, deren Functionen weniger bekannt sind.

No. XIII.

Das diffuse nervöse Netz der Centralorgane des Nervensystems. Seine physiologische Bedeutung.

Von

Professor **C. Golgi.**

(Aus den Rendiconti des R. Istituto Lombardo, Ser. II, Vol. XXIV, Fasc. 8 und 9.)

Zu unseren elementarsten Kenntnissen über die Physiologie des Nervensystems gehört es, dass alle Functionen, welche wir der specifischen Wirkung dieses Systems zuzuschreiben pflegen, unter einander in mehr oder weniger enger Verbindung stehen, welche sich auf die verschiedensten Weisen offenbart. Bald handelt es sich um die sogenannten functionellen Associationen, wo man bemerkt, dass die Thätigkeit des einen oder anderen umschriebenen Theiles des Nervensystems mehr oder weniger entfernte Punkte zugleich in Thätigkeit setzt, so dass mehr oder weniger complicirte Aeusserungen entstehen; bald handelt es sich um die bekannten Reflexwirkungen: der Reiz, welcher peripherisch auf die Empfindungsnerven, in ihren verschiedenen, die Sinnesorgane darstellenden Endigungen eingewirkt hat, gelangt auf der Bahn der Fasern mit centripetaler Leitung nach den Centren, wird auf andere Theile des Centralnervensystems reflectirt, und die so gereizten Theile rufen durch die Nerven mit centrifugaler Leitung eine peripherische Wirkung von unwillkürlicher oder automatischer Natur hervor. Wie viele und welche Phänomene verschiedener Art bei diesen physiologischen Vorgängen mitwirken, kann hier nicht angeführt werden. Um endlich auch Thatsachen von weniger bestimmtem Charakter anzuführen, so zeigt sich hinsichtlich der sogenannten psychischen Thätigkeiten das Vorhandensein einer innigen, complicirten Verbindung zwischen den verschiedenen Formen dieser Thätigkeit in gegenseitiger Richtung, und unter Mitwirkung der verschiedenen, speciellen, dem Bereich der Sinne angehörenden Thätigkeiten, noch offenbarer.

Die Kenntniss der so innigen Verbindungen unter den Functionen, welche den verschiedensten Theilen des Nervensystems zugeschrieben werden, ist nicht der letzte unter den Gründen, nach welchen (obgleich die modernen Untersuchungen sich bemühten, die graue Substanz in zahlreiche, wohl unterschiedene Zonen [Centra] zu zerlegen, deren jeder wesentlich verschiedene Functionen zukommen), doch die (ein theilweiser Wiederschein der alten hippokratischen Lehre von der Einheit und Untheilbarkeit des menschlichen Organismus) von FLOURENS ausgesprochene Idee niemals ganz verlassen werden konnte: »das Gehirn sei physiologisch eine Einheit und bestimmt, dieselben Functionen sowohl als Ganzes, als in seinen einzelnen Theilen auszuüben«. Es ist bekannt, dass einige von den berühmtesten Forschern unserer Zeit (z. B. GOLTZ) sich der Lehre von den Localisationen entschieden widersetzt haben und Grundsätze vertheidigen, welche denen von FLOURENS sehr nahe stehen.

Da die functionelle Verbindung, wie gesagt, zu den unbestreitbaren Lehren der Physiologie gehört, so wirft sich sogleich die Frage auf, auf welchen Wegen und durch welchen Mechanismus eine so enge Verbindung zu Stande komme.

Wenn die Nervenzellen, als Ursprungsorgane der Nervenfasern, die Elementarapparate darstellen, in welchen die specifischen Thätigkeiten, welche die Physiologie den Nervencentren zuschreibt, vor sich gehen, so ist es natürlich, dass man auch die Bedingungen des fraglichen Mechanismus wesentlich in dem Verhalten und in den materiellen Beziehungen dieser Elemetarapparate suchen muss. Bedeutet das, was wir psychische Thätigkeit, Diffusionserscheinungen, Reflexwirkungen nennen, etwas Anderes als die Summe der verschiedenen Thätigkeiten, welche in den einzelnen Elementen vor sich gehen?

Aber bei der Aufsuchung der Bahnen und der materiellen Verhältnisse, durch welche die functionelle Verbindung der verschiedenen Theile des Nervensystems stattfindet, ist es vorgekommen, dass die Beobachter, statt sich streng objectiv zu verhalten, wie es bei jeder anatomischen Untersuchung sein sollte, nur zu oft, um eine Antwort auf Fragen der Physiologie zu geben, willkürliche Darstellungen der Organisation und falsche Auslegungen mangelhafter Beobachtungen als wirkliche Thatsachen vortrugen, wenn es nicht gar blosse anatomische Hypothesen waren.

Zu den Angaben über diesen Gegenstand gehören die Ansichten von WAGNER, HENLE und MERKEL, UFFELMANN und Anderen, welche mit geringem Unterschied unter einander in sehr geachteten Arbeiten behaupteten, die feinkörnige, zwischen den Ganglienzellen liegende Substanz sei eine »Ausbreitung reiner Nervensubstanz« oder eine »zusammenfliessende, nicht getheilte Gangliensubstanz«. Dieser diffusen, zusammenfliessenden Nervensubstanz schrieb man natürlich die Bedeutung eines Leitungsorgans für die moleculären Vibrationen und für die specifischen Thätigkeiten zu, als deren Mittelpunkte die Ganglienzellen immer betrachtet worden sind; kurz, dieser Substanz fiel die Aufgabe zu, als functionelles Bindemittel zwischen den verschiedenen Theilen des Nervensystems zu dienen.

Dieselbe Richtung hält die von SCHRÖDER VAN DER KOLK, LENHOSSEK, FUNKE, CARRIÈRE u. s. w. eifrig vertheidigte Lehre von den groben Verbindungen ein, welche nach einem allgemeinen Gesetze durch die Fortsätze oder Ausläufer stattfinden sollen, mit denen die Nervenzellen versehen sind. Dass die Physiologen diese Lehre von den Anastomosen begünstigten und noch jetzt nicht gern aufgeben, ist leicht zu begreifen, denn sie liefert die leichteste Erklärung der functionellen Beziehungen; als aber die Histologen sich vornahmen, nicht um jeden Preis ein Gesetz zu erklären, sondern die Thatsachen so festzustellen, wie sie sind, hat man bald den Beweis geführt, dass die mit so viel Eifer beschriebenen und gezeichneten directen Verbindungen nicht vorhanden sind. Höchstens hat man als äusserst seltene Ausnahme einige Anastomosen gesehen, die aber nicht zur Erklärung eines physiologischen Gesetzes dienen können.

Gleiches Schicksal hatte die besonders von GERLACH vertretene Lehre, wonach die Nervenzellen auf mittelbare Weise mittelst eines durch die unendlich feine Zertheilung ihrer Protoplasmafortsätze gebildeten Netzes mit einander in Verbindung stehen sollten. Auch diese Lehre wurde und wird noch von Anatomen und Physiologen begünstigt, aber darum verdient sie doch nur den Namen einer anatomischen Hypothese.

Hier muss ich an die von mir in früheren Arbeiten gelieferte Beschreibung eines Netzes oder Geflechtes von rein nervöser Natur erinnern, von äusserst complicirtem Ursprung, welches mit den früher beschriebenen Netzen nichts gemein hat, und an dessen Bildung alle nervösen Elemente des Centralnervensystems Theil nehmen. (Verschiedene Arten von Nervenzellen und -fasern.)

Der Gedanke von dem Bestehen eines Zwischennetzes zwischen den Nervenzellen hat einen Ursprung, den man schon als sehr alt bezeichnen kann, aber dieses Netz ist bis jetzt wie ein Mythus geblieben, ist es beinahe noch jetzt und droht, es wieder zu werden, trotz der genauen, ins Einzelne gehenden Beschreibung, welche ich über seine Bildungsweise gegeben habe.

Was die Untersuchungen betrifft, welche den meinigen vorausgegangen sind, so mussten sie natürlich einen Charakter von Unbestimmtheit besitzen und konnten nichts Sicheres enthalten, nicht nur wegen der grossen Schwierigkeiten, welche sich der Unterscheidung der verschiedenen, das Zwischengewebe zwischen Nervenzellen und -fasern bildenden Theile entgegenstellen, sondern auch wegen der Verschiedenheit des Substrats, auf welches sich die auf einander folgenden Studien und Beschreibungen bezogen. Man vergesse nicht, dass sich während der die letzten Lustra umfassenden Phase, welche man noch nicht als abgeschlossen

bezeichnen kann, die Untersuchungen über das Vorhandensein und die morphologische Beschaffenheit des Stützstromas — der Neuroglia — entwickelt haben, welches zwischen den nervösen Elementen der Centra liegt. Während nun einige Histologen in ihren Untersuchungen sich mit dem Stützstroma beschäftigten, so wendeten Andere ihre Aufmerksamkeit den Nervenverbindungen zu, ohne von noch Anderen zu reden, welche nach dem Beispiele von HENLE und WAGNER u. A. fortfuhren, Alles für nervös zu halten, was in der grauen Substanz zwischen Nervenzellen und -fasern liegt.

Zuerst sprach SCHULTZE von einem zwischen den Nervenzellen der grauen Substanz des Grosshirns liegenden Netze; nach ihm handelte es sich um ein so feines Netz, dass es nur bei den stärksten, 6—800-maligen Vergrösserungen sichtbar wurde, ja dieser Bau wurde aller jener Substanz zugeschrieben, welche bei mässiger Vergrösserung feinkörnig erscheint. Aehnlich, wie SCHULTZE, sprach KOELLIKER, welcher das Netz der Nervencentra mit dem des cytogenen Gewebes verglich. Aber SCHULTZE und KOELLIKER bezogen sich bei der Beschreibung des Netzes auf die Stützsubstanz oder Neuroglia, und auch in Beziehung auf die Neuroglia drückte das Wort »Netz« eine Erklärung aus, welche bald Abänderungen erfahren sollte.

Da das Netz von SCHULTZE und KOELLIKER sich mehr auf einen Anschein bezog, der durch die Härtungsmethoden erzeugt worden war, als durch die Wirklichkeit des Baues, so blieb es zugleich der Frage nach den Beziehungen zwischen den Nervenzellen fremd. Andererseits fuhr man fort, der zwischen den Nervenelementen liegenden Substanz die verschiedensten Charaktere beizulegen. So beschrieb sie GERLACH als halbflüssig und durchscheinend; WALTHER nannte sie geradezu flüssig; Andere (MEYNERT, MAUTHNER, ARNDT u. s. w.) bezeichneten sie als feinpunktirte oder körnige oder körnig-faserige Substanz. Zu gleicher Zeit fuhren andere Beobachter (STEPHANY, UFFELMANN, HENLE und MERKEL u. s. w.) fort, Alles als nervös zu betrachten, was an der Bildung der Centralorgane des Nervensystems Theil nimmt.

Erst nach den Untersuchungen von DEITERS, von mir und von BOLL wurde das Vorhandensein des interstitiellen Stromas sichergestellt, welches von VIRCHOW behauptet und beschrieben worden war, und man erwarb auch genaue Kenntnisse über die morphologische Beschaffenheit dieses Stromas.

Ohne weiter des Netzes zu erwähnen, welches GERLACH von der unendlichen Vertheilung der Protoplasmafortsätze ableiten wollte, und womit ich mich in früheren Arbeiten eingehend zu beschäftigen hatte, kann ich nicht umhin, hier speciell daran zu erinnern, dass es mir bei den von mir während des letzten Decenniums nach neuen Methoden ausgeführten Untersuchungen gelang, auch über den hier in Frage stehenden Punkt neue Thatsachen aufzufinden, welche mich dahin führten, die Frage nach den anatomischen und functionellen Beziehungen zwischen den Nervenzellen aus einem ganz anderen Gesichtspunkte zu betrachten, als meine Vorgänger.

Ich meinerseits habe beständig von einem Netze oder Geflechte von rein nervöser Natur gesprochen, welches in allen Schichten der grauen Substanz der Nervencentra vorhanden ist; aber meine Beschreibungen des Netzes oder Geflechtes bezogen sich auf etwas ganz Anderes, als das bisher Beschriebene. An der Bildung dieses Netzes, sagte ich, nehmen in verschiedenem Maasse ohne Ausnahme alle das nervöse Gewebe der Centralorgane ausmachenden Elemente Theil (was mir in physiologischer Beziehung von nicht geringer Wichtigkeit zu sein scheint), und da ich mich mit den Einzelnheiten der so complicirten Herkunft dieses Netzes mit einer Genauigkeit beschäftigt habe, welche mir keinen Grund zum Zweifel übrig zu lassen scheint, so habe ich die darauf bezüglichen Thatsachen in folgenden wörtlichen Schlüssen synthetisch zusammengefasst [1]:

»In allen Schichten der grauen Substanz der nervösen Centralorgane findet sich ein feines, complicirtes, diffuses Nervennetz, zu dessen Bildung beitragen:

1) Die von den nervösen Fortsätzen der Zellen des ersten Typus (motorischen oder psycho-motorischen) ausgehenden Fasern.

2) Die nervösen Fortsätze der Zellen des zweiten Typus in toto, indem diese Fortsätze sich auf höchst complicirte Weise zertheilen.

3) Die Fibrillen, welche von denjenigen Nervenfasern entspringen (Fasern der ersten Kategorie), welche mit Ganglienzellen des ersten Typus in unmittelbare Verbindung treten.

1) Sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, Milano, Hoepli, 1885, p. 48.

4) Viele Nervenfasern in toto, nämlich solche, welche ebenso, wie die Ganglienzellen des zweiten Typus, sich in feine Fäden auflösen, so ihre eigene Individualität verlieren und sich allmählich mit dem fraglichen Netze vermischen.«

»Das hier beschriebene nervöse Netz«, fügte ich zu den soeben aufgezählten Schlüssen noch ferner hinzu, »ist offenbar bestimmt, eine anatomische und functionelle Verbindung zwischen den Zellenelementen ausgedehnter Zonen der grauen Substanz herzustellen.«

Um endlich noch auf eine Bemerkung zu antworten, welche Ramon y Cajal über den von mir gebrauchten Ausdruck »nervöses Netz« gemacht hat, halte ich es für nöthig, hier die Zeilen wiederzugeben, in denen ich den Sinn erklärte, welchen ich jenem Ausdrucke beilegte: »Aus allen diesen Verzweigungen der nervösen Fortsätze u. s. w.«, schrieb ich (Studi sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, p. 31), »entsteht natürlich ein äusserst complicirtes, durch die ganze graue Substanz verbreitetes Netz. Dass aus den unzähligen Weitertheilungen durch complicirte Anastomosen ein Netz im strengen Sinne des Worts entsteht und nicht ein blosses Geflecht, ist sehr wahrscheinlich; nach der Prüfung einiger meiner Präparate könnte man es annehmen; aber dass es wirklich der Fall sei, erlaubte eben die ausserordentliche Complication des Geflechtes nicht zu versichern.« Aus dieser Anführung, welche den von mir dem Worte Netz beigelegten Sinn klarstellt, folgt, dass, während man im Allgemeinen (ich erinnere an Forel) die Umsicht, mit welcher ich immer diese Gegenstände besprochen habe, anerkannt hat, Ramon y Cajal dagegen eine Kritik schreibt, ohne den Text meiner Arbeit gelesen zu haben.

Meine genaue, in das Einzelne gehende Beschreibung über die Art der Bildung des diffusen Zwischennetzes hat nicht vermocht, die herrschenden Ideen über diesen Gegenstand bedeutend abzuändern. Ja, wenn wir die neuesten Untersuchungen über diesen Punkt betrachten, finden wir nicht nur eine stärkere Neigung, die Thatsache zu bezweifeln, dass die anatomische und functionelle Verbindung zwischen den Nervenzellen durch ein Fasernetz stattfinde, sondern wir sehen sogar Versuche, die alte Vorstellung von dem Bestehen einer diffusen Nervensubstanz wieder zu beleben, durch welche und vermittelst deren von Zelle zu Zelle und von Faser zu Faser die Reize überliefert würden, welche die verschiedenen specifischen Thätigkeiten der Nervencentra hervorrufen.

Es genügt in dieser Beziehung, die Autorität von His zu citiren, welcher in dem bemerkenswerthen Vortrage über »Histogenese und Zusammenhang der Nervenelemente«[1]) in der anatomischen Abtheilung des letzten internationalen medicinischen Congresses, nachdem er »die allgemeine Annahme des Bestehens eines nervösen Netzes in der grauen Substanz für unhaltbar« erklärt hatte, hinzufügte: »An der Stelle dieses nervösen Netzes stellt sich jetzt ein Gewebe dar, welches vielleicht am besten als nervöser Filz (Neuropilema) bezeichnet werden kann. Die graue Substanz enthält in den Maschen ihres Stützstromas die sich kreuzenden Endfäden unzähliger Nervenfasern und Protoplasmafortsätze. Diese liegen in einer diffusen Zwischensubstanz eingebettet, welche die Eigenschaft besitzen muss, die Leitung zwischen den Endtheilen der verschiedenen Fasersysteme zu vermitteln.« So sind wir denn so ziemlich zu der diffusen Nervensubstanz von Walther, Henle u. s. w. zurückgekehrt.

Im Besitz von Präparaten, welche mit unzweifelhafter Sicherheit die im Titel der vorliegenden Arbeit enthaltene Behauptung beweisen, halte ich es für überflüssig, mich in gelehrte Beweisführungen einzulassen; nur wundere ich mich ein wenig, dass ein Anatom von hohem Verdienste, wie His, durch seine Autorität eine reine anatomische Vermuthung hat wieder beleben wollen, um andere, physiologische Hypothesen zu begründen.

Jedenfalls muss ich anerkennen, dass der Grund, warum das von mir beschriebene Netz den Anatomen und Physiologen noch als etwas allzu Unbestimmtes erscheint, in meinen Untersuchungen selbst liegt. Denn obgleich ich eine solche Menge von Thatsachen gesammelt hatte, dass sie, zusammengestellt, keinen Zweifel über das Vorhandensein und die Bildungsweise eines solchen Geflechtes oder Netzes bestehen lassen konnten, welches ich wiederholt beschrieben habe, so war es mir doch nicht gelungen, synthetische Präparate zu erhalten, welche erlaubt hätten, in einer Zeichnung das Bild dieses Netzes festzuhalten. Dazu kommt noch, dass die feinsten der von mir erhaltenen Präparate wegen der Mängel der angewendeten Methoden nicht

1) Histogenese und Zusammenhang der Nervenelemente. Referat in der anatomischen Section des internationalen medicinischen Congresses in Berlin, Sitzung vom 7. August 1890.

dauerhaft waren; auch dadurch wurde es mir unmöglich, den Nachweis für die sich für den Gegenstand Interessirenden leicht zu machen.

Aus allen diesen Gründen habe ich, in der Absicht, Präparate zu erhalten, welche mit der Deutlichkeit die Dauerhaftigkeit verbänden, jetzt die Untersuchungen wieder aufgenommen, welche ich, wegen Beschäftigung mit anderen Studien, hatte aufgeben müssen. Auch diese meine neuen Versuche, um so feine Eigenthümlichkeiten des Baues in dauerhaften Präparaten so zu sagen gröblich und der Beobachtung Aller zugänglich darzustellen, sind über meine Erwartung glücklich ausgefallen.

Der Zweck dieser meiner Mittheilung ist kein anderer, als der, gegen die neuerlichen Ableugnungen das Vorhandensein des diffusen, nervösen Netzes in der grauen Substanz der Nervencentra festzustellen und die Thatsachen über seine Erscheinungsweise, seine Beziehungen zu den anderen Elementen des Nervengewebes und über seine höchst complicirte Herkunft genau anzugeben.

Ueber die Art, wie sich das Netz in meinen Präparaten darstellt, beschränke ich mich für jetzt darauf, zu bemerken, dass, obgleich man schwerlich eine andere so feine und zarte Eigenthümlichkeit der Organisation auffinden könnte, wie eben dieses nervöse Netz, doch bis jetzt keine andere Eigenthümlichkeit mit solcher Klarheit nachgewiesen worden ist, wie ich sie, vermittelst einer chemischen Reaction, an eben diesem Netze habe zur Erscheinung bringen können[1]). Dies wird durch die Probepräparate bewiesen, welche ich für zweckmässig hielt, den Collegen vorzulegen.

Um einige beschreibende Bemerkungen hinzuzufügen, so beschränke ich mich für den Augenblick auf das Rückenmark, mit dem ich mich in letzter Zeit vorzugsweise beschäftigt habe, und dessen graue Substanz die vorgelegten Präparate darstellen, und mache darauf aufmerksam, dass das Netz ohne Andeutung einer Unterbrechung oder Begrenzung die ganze Ausdehnung dieser grauen Substanz einnimmt. In Bezug auf die physiologischen Betrachtungen, welche aus dieser Thatsache hervorgehen, will ich noch besonders betonen, dass in den Vorderhörnern, welche wesentlich die Bewegungszone des Rückenmarks darstellen sollten, das Netz nicht weniger fein und nicht weniger zusammenhängend erscheint, als in den Hinterhörnern, mit Einschluss der gelatinösen Substanz von ROLANDO. Allerdings zeigt sich in den Hinterhörnern und besonders in der Uebergangszone zwischen der gelatinösen Substanz von ROLANDO und den eigentlichen Hinterhörnern das Geflecht etwas dichter, aber dies hängt nicht von dem feinen Netze selbst ab, sondern von dem verschiedenen Verhalten der hinteren Wurzeln im Vergleich mit den vorderen. Wie man an den nach meiner Methode angefertigten Präparaten deutlich sieht, geben die einzelnen Fasern der Hinterhörner beim Eindringen in die graue Substanz fortwährend seitliche Fäden ab, welche sich mit immer grösserer Feinheit fortwährend weiter verzweigen, sodass ein äusserst complicirtes Netz von charakteristischem Aussehen entsteht. Nun ist die Stelle, welcher die meisten Theilungen entsprechen, eben die genannte Uebergangszone; aber diese Verzweigungen, obgleich sehr fein, haben mit dem nervösen, interstitiellen, terminalen Netze nichts zu thun.

Das Netz hängt in der ganzen Ausdehnung der grauen Substanz in sich zusammen, es nimmt so zu sagen alle Zwischenräume zwischen den Zellenelementen ein, so dass diese in feinen Schnitten die einzigen Räume von einiger Bedeutung darstellen, welche das Netz frei lässt. Wegen der stärkeren Entwickelung und der grösseren Deutlichkeit der Umrisse der Zellsubstanz werden diese Verhältnisse an den Nervenzellen ganz besonders deutlich, vorzüglich an den grösseren, vorwiegend in den Vorderhörnern liegenden, und man kann interessante Einzelnheiten auffinden, wenn man das Verhalten des Netzes zu der Oberfläche der Nervenzellen im Allgemeinen beobachtet. Die Fibrillen umfassen nicht nur den Zellkörper eng, sondern auch die von ihm ausgehenden Fortsätze bis zu ihren feinsten Verzweigungen, und von den Fäden, welche den Seiten der Zelle entlang laufen, sieht man häufig kurze Fäserchen von äusserster Feinheit abgehen, welche, in Berührung mit der Wand der Zelle angekommen, daselbst mit einer leichten Verdickung oder kleinen Anschwellung endigen. Dünne, kurze Fädchen, welche mit einer leichten Anschwellung endigen, sieht man in grosser Zahl dem Verlaufe der feinsten Fibrillen folgen; über ihre Bedeutung glaube ich mich für jetzt noch nicht aussprechen zu können.

An den Stellen, wo das nervöse Netz oder Geflecht am feinsten ist, wird die Aufmerksamkeit oft auf gewisse dichte Gewirre gelenkt, Stellen, wo zahlreiche Fibrillen zusammentreffen. Häufiger an solchen Punkten, aber auch anderwärts, fallen gewisse kleine Kügelchen oder Plättchen auf, welche bisweilen längs dem Verlaufe

1) Man sehe am Ende dieser Arbeit die Untersuchungsmethode.

des Fadens liegen, öfter aber als Punkte des Zusammenflusses mehrerer Fasern erscheinen. Ob es Knotenpunkte sind an der Stelle des Zusammentreffens oder der Theilung der Fasern, oder einfache Anschwellungen der letzteren, oder ob sie etwas Anderes, Besonderes in Beziehung auf das Ende oder den Ursprung der Nervenfasern bedeuten, scheint mir für jetzt unmöglich, zu entscheiden. Ich mache jedoch auf die Aehnlichkeit dieser Eigenthümlichkeit mit derjenigen aufmerksam, von welcher FUSARI unter dem Namen von Knotenplättchen (plachette nodali) in seiner Beschreibung des Verhaltens des feinen, nervösen Endnetzes in den Capsulae succentoriatae und in den serösen Drüsen der Zunge gesprochen hat.

Woher das Netz entspringt, wurde schon durch die Angabe erklärt, dass zu seiner Bildung alle nervösen Elemente der Centralorgane ohne Ausnahme beitragen, auch wurden die verschiedenen Arten von Elementen deutlich angegeben, welche, mit verschieden starker Betheiligung, zur Bildung des Geflechtes oder Netzes beitragen. — Es versteht sich von selbst, dass der Nachweis der Art des Verhaltens der einzelnen Theile gesondert an einzelnen Präparaten aufgesucht werden muss, in welchen, in Folge des verschiedenen Verhaltens der Reaction, die einzelnen Elemente allein gefärbt sind. Dies gilt besonders für die Ganglienzellen und für das Verhalten ihres nervösen Fortsatzes. — Die Präparate, in welchen die Reaction vorwiegend auf das feine, diffuse Netz stattgefunden hat, welches hier beschrieben wird, sind auch besonders zum Studium des Verhaltens der Nervenfasern geeignet, soweit es sich auf ihren Verlauf und ihr Verhältniss zu dem Netze bezieht.

Am Rückenmarke muss diese Untersuchung nicht nur an Quer-, sondern auch an Längsschnitten ausgeführt werden.

Querschnitte. Diese sind besonders geeignet, um zu zeigen, wie aus allen Theilen der weissen Substanz (vordere, seitliche, hintere Stränge und dazwischen liegende Theile) ein ungeheures Eindringen von Fasern und Fäserchen in die graue Substanz stattfindet. Dieses Eindringen von den verschiedenen Abschnitten der weissen Substanz geschieht nicht nur von ihren innersten, sondern auch von ihren oberflächlichsten Theilen aus. Fasern und Fäserchen gehen zum grössten Theile von den Fasern aus, welche in den verschiedenen Strängen einen verticalen Verlauf haben; sie zerfallen in äusserst complicirtem Lauf in immer feinere Fäserchen, welche sich in der grauen Substanz verlieren. — Die Complication des Verlaufes und des gebildeten Geflechtes ist so gross, dass man fast glauben sollte, es beständen keine bestimmten Gesetze über die Vertheilung und den Gang der Fasern; aber es besteht allerdings ein allgemeines Gesetz hierüber, welches bestimmt, dass das Verhalten der Nervenfasern zu dem besonderen Zwecke möglichst geeignet sein soll, den Verbindungen die möglichste Complication und Ausdehnung zu geben. — Auf jeden Fall kann man nicht nur Bündel von Nervenfasern sehen, welche sich von den Hinterhörnern bis in die Vorderhörner erstrecken, wo die einzelnen Fasern des Bündels mit den gewöhnlichen Complicationen und Unregelmässigkeiten ihres Verlaufs in immer feinere Fäserchen zerfallen, sondern auch isolirte Fasern, welche, von den vorderen oder seitlichen Strängen ausgehend, ebenso in Fäserchen zerfallen und in die entgegengesetzten, entfernteren Punkte der grauen Substanz eintreten. — Den Uebergang von Fasern jeden Herkommens aus einer Hälfte des Rückenmarks in die andere, besonders durch die hintere Commissur, kann man in grossem Maassstabe beobachten. Ja dieser so complicirte Durchgang durch die hintere Commissur ist nicht schwer festzustellen, nicht nur für die nervösen Fortsätze der an verschiedenen Stellen gelegenen Ganglienzellen (in den Vorderhörnern vorzugsweise, in den Hinterhörnern, den seitlichen Theilen und Zwischenschichten, wie ich in einer früheren Arbeit schon angegeben habe) und für die von ihren nervösen Fortsätzen ausgehenden Fasern, sondern auch für die Fasern, welche von den verschiedenen Marksträngen herkommen und ebenfalls nach den hinteren Wurzeln zu laufen. — Diese letzteren liefern sogar einen bedeutenden Beitrag zu den Commissurfasern, und man kann ihr verschiedenes Schicksal verfolgen, indem man z. B. wahrnimmt, dass sie sich zum Theil in der grauen Substanz verlieren, zum Theil auch in die Markstränge eindringen. Besonders häufig habe ich diese Ankunft von Fasern, welche weit aus den hinteren Wurzeln der entgegengesetzten Seite des Rückenmarks herkamen, an den hinteren und hinteren-seitlichen Strängen beobachtet.

Wenn man diesen so verwickelten Austausch von Fasern von der einen zur anderen Seite des Rückenmarks und zwischen so weit von einander entfernten Theilen bemerkt, wird man immer mehr zu dem Glauben an die Unmöglichkeit veranlasst, den Verlauf des einen oder anderen Bündels zu differenziren.

Der Gesammteindruck, welchen man von diesen Studien erhält, besteht darin, dass die Nervenfasern

theils durch ihren Verlauf, theils durch ihre höchst complicirten Zertheilungen, welche ihrerseits unregelmässig verlaufen und in immer feinere Fäden zerfallen, sich auf die zweckmässigste Weise verhalten, um eine möglichst ausgedehnte und enge Verbindung zwischen den verschiedenen Gruppen von Elementen und zwischen den verschiedenen Provinzen und Regionen des Centralnervensystems zu Stande zu bringen.

Längsschnitte. Die Längsschnitte des Rückenmarks, welche also in der Richtung des Verlaufs seiner Fasern und in allen seinen verschiedenen Abschnitten geführt worden sind, eignen sich am besten dazu, um uns auf das genaueste sehen zu lassen, auf welche Weise die Fasern, welche nach der grauen Substanz zu gehen bestimmt sind und an der Bildung des interstitiellen Netzes oder Geflechtes von nervöser Natur Theil nehmen, von den vertical verlaufenden Fasern abgehen. Wenn die Reaction gut gelungen ist, sieht man von jeder Längsfaser unter rechtem Winkel, oft in kurzen Zwischenräumen, mehr oder weniger feine, oft äusserst dünne Fasern abgehen, welche zuerst in gerader Linie, dann in unregelmässigem Verlauf in die graue Substanz eindringen, um sich hier auf die mehrfach beschriebene Weise allmählich in Fibrillen aufzulösen. — Es wäre unrichtig, zu sagen, dass diese Aussendung von Fasern mit Regelmässigkeit geschieht, oder dass sie in Bezug auf die Zwischenräume einem bestimmbaren Gesetze gehorcht; es ist jedoch wahr, dass von Seiten der verschiedenen Längsfasern diese Aussendung mit einem gewissen Uebergewicht mancher Strecken stattfindet, welche eine gewisse Aehnlichkeit zwischen den einzelnen Fasern desselben Bündels zeigen, woraus die Bildung kleiner, horizontal verlaufender Bündel folgt, welche in die graue Substanz eindringen und sich auflösen.

Was das Verhalten der hinteren Wurzeln betrifft, so kann ich eine Eigenthümlichkeit nicht anerkennen, auf welche, abweichend von meiner vorhergehenden Beschreibung, KOELLIKER und RAMON Y CAJAL Werth gelegt haben, dass nämlich die einzelnen Fasern, sobald sie in das Mark eingetreten sind, sich nach einer beständigen Regel[1]) in zwei Aeste theilen, welche einen entgegengesetzten Verlauf nehmen, indem sich der eine senkrecht nach oben, der andere senkrecht nach unten begiebt.

Die kräftigen Fasern, welche die hinteren Wurzeln bilden, schicken von ihrem Eintritt in das Rückenmark an, bisweilen auch vorher, während des schiefen Verlaufs, den sie zu Anfang einhalten, nach einander Aeste aus, bald so dick, dass sie sich dichotomisch zu theilen scheinen, bald dünn, und diese geben zuerst sparsamere, später immer zahlreichere Zweige ab, durchziehen die gelatinöse Substanz von ROLANDO und verlieren sich zum Theil (einige, wie schon bemerkt, erstrecken sich bis in das Gebiet der Vorderhörner) in der grauen Substanz, zum Theil dringen sie in die Markstränge ein, zum Theil begeben sie sich in die entgegengesetzte Hälfte des Rückenmarks, wo sie verschiedene Schicksale erfahren. — Den Uebergang in die Markstränge von Fibrillen, welche aus den von den hinteren Wurzeln abgegebenen Fasern entstanden sind, bemerkt man vorzugsweise an den hinteren Strängen, wie auch vorwiegend durch die hintere Commissur der Uebergang von Fasern aus einer Hälfte des Rückenmarks in die andere stattfindet, mögen diese Fasern aus den hinteren Wurzeln oder anderswoher stammen. Dass von den aus den hinteren Wurzeln herkommenden Fasern viele in die hinteren und hinteren-seitlichen Stränge eindringen, kann man leicht wahrnehmen. — Ich bemerke noch, dass die feine Zertheilung der Fasern der hinteren Wurzeln besonders oft in der Uebergangszone zwischen der gelatinösen Substanz von ROLANDO und der grauen Substanz der eigentlich sogenannten Hinterhörner vor sich geht. Da in dieser Zone das grobe Geflecht sich über das sehr feine, interstitielle lagert, so erscheint das Netz hier dichter und unentwirrbarer, als anderwärts.

Zur Vervollständigung der Beschreibung des feinen Netzes oder Geflechtes von nervöser Natur muss ich noch die Bedeutung angeben, welche man dem so oft von mir gebrauchten Worte Netz beilegen muss.

Ich habe hierüber schon die Zeilen angeführt, in welchen ich bei meinen früheren Studien über die feinere Anatomie des Centralnervensystems mich bemüht hatte, den beschränkten, conventionellen Sinn, welchen ich immer diesem Worte beigelegt hatte, genauer zu bestimmen, und diese Zurückhaltung war der Ausdruck meiner beständigen Absicht, nichts vorzutragen, was nicht durch meine Präparate bewiesen wurde.

1) Ich beeile mich, zu bemerken, dass der Mangel an Uebereinstimmung, von der in diesen Zeilen in Bezug auf die Beschreibung von KOELLIKER und CAJAL die Rede ist, sich nur darauf bezieht, dass diese Beschreibung als allgemeines Gesetz über das Verhalten der hinteren Wurzeln vorgetragen wurde. Mit der Bemerkung, dass auch nach meinen neuesten Untersuchungen das Verhalten der hinteren Wurzeln sich mir sehr oft auf die hier und anderwärts beschriebene Weise dargestellt hat, will ich nicht die Richtigkeit der Darstellung von KOELLIKER und CAJAL in Zweifel ziehen; nur scheint es mir, diese Beschreibung müsse eher die Ausnahme, als das Gesetz darstellen.

Obgleich ich überzeugt bin, dass der hierüber erregte Streit überflüssig war, so will ich doch zur Beendigung des Streites noch Folgendes vorbringen: In den neuen Präparaten, welche den Gegenstand dieser Mittheilung bilden (in welchen die Reaction eine überraschende Feinheit erreicht hat) macht nicht nur das dichte, feine Geflecht im Ganzen den Eindruck des Netzgewebes, sondern man kann auch in Wirklichkeit Verbindungen zwischen Faser und Faser nachweisen, so dass echte geschlossene Maschen entstehen. Aber die Wahrnehmung dieser Thatsache ist nicht leicht und häufig genug, um das Gesetz auffinden zu können, von welchem das Zustandekommen dieser Verbindung abhängen muss. Ueber diesen Punkt also, ob es sich um ein Netz im strengsten Sinne des Worts, oder um ein Geflecht handelt, glaube ich meine ursprüngliche Zurückhaltung beibehalten zu sollen; für jetzt behaupte ich nur, es handle sich um eine unendlich feine Zertheilung von Fibrillen. Ich muss jedoch hinzufügen, dass bei der Feinheit, der unendlichen Complication und Innigkeit der Beziehungen des Fasergewebes, wie es sich in meinen Präparaten zeigt, die materielle Verbindung und Verschmelzung zwischen Faser und Faser nicht mehr nothwendig erscheint, um die functionellen Verbindungen zwischen den verschiedenen Zellengruppen und den verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems zu erklären.

II.

Dass das feine Netz oder Geflecht von nervöser Natur (weil es ausschliesslich aus Fasern besteht, welche sich durch ihre Abstammung von den nervösen Fortsätzen von Ganglienzellen des ersten und zweiten Typus als nervös ausweisen, sowie aus Fasern, welche an den bekannten classischen Eigenschaften sicher als nervös kenntlich sind) das Organ darstellt, durch welches die Verbindung zwischen den verschiedenen Theilen des Nervensystems und zwischen den verschiedenen functionellen Thätigkeiten, welche diesem Systeme zukommen, hergestellt wird, darüber scheint mir kein Zweifel mehr möglich zu sein. Höchstens könnte man im Widerspruch zu der überlieferten Ansicht, wonach die Nervenzellen ausschliesslich als die Elementarapparate und Mittelpunkte betrachtet werden müssten, wo die specifischen, physiologischen Thätigkeiten des Nervensystems zu Stande kommen, vielleicht die Frage aufwerfen, ob dieses so weit verbreitete Gewebe nicht auch einen mehr directen, nicht bloss passiven Antheil an der Function der Centra haben könnte; aber damit würde man zu tief in das Gebiet der Hypothesen gerathen. Ferner könnte man darüber streiten, ob die wenigen Verbindungen, welche wegen der ausserordentlichen Complication des Geflechtes sich nachweisen lassen, einen genügenden materiellen Zustand abgeben, um die Leitung zwischen den verschiedenen Fasersystemen zu erklären, oder auch, ob diese materiellen Verbindungen zwischen Fasern verschiedener Natur (echte Anastomosen) unerlässliche Bedingung sind, um die functionellen Verbindungen, um die es sich handelt, erklären zu können. Ich muss bekennen, dass diese Discussion sich mir jetzt fast als überflüssig darstellt. Bei dem Vorhandensein eines so feinen Netzes oder Geflechtes, wie dasjenige, welches durch die von mir angewendete Reaction sichtbar gemacht wird, in welchem die Fasern, frei von der isolirenden Myelinhülle, entweder sehr nahe neben einander herlaufen oder häufige, ausgedehnte Berührungsstellen haben, scheint es mir, man dürfe die Verschmelzung oder den directen Zusammenhang zwischen Fasern von verschiedener Herkunft nicht als unerlässliche Bedingung der Leitung der Erregungen zwischen den einen und anderen betrachten. Die Verbindungen, welche wir gesehen haben, scheinen mir mehr als hinreichend zur Erklärung der diffusen Leitung der Reizungen. — Da uns die Untersuchungen der Elektriker beweisen, dass die elektrischen Ströme ohne directen Zusammenhang der leitenden Theile weitergeführt werden können, ja dass nicht einmal Berührung nothwendig ist, warum könnte man da nicht ein gleiches Gesetz für das Nervensystem annehmen? In diesem Punkte stimme ich, wie man sieht, ganz mit FOREL überein, welcher in einem Berichte über meine Untersuchungen auf diese Aehnlichkeit aufmerksam machte und in Rücksicht auf die Feinheit der Beziehungen zuerst erklärte: »er begreife immer weniger, warum man eine wirklich zusammenhängende, gegenseitige Verbindung der feinsten Verzweigungen der nervösen Elemente als eine Forderung der Physiologie betrachten müsse«[1]).

Uebrigens kann man nicht behaupten, solche Verbindungen durch Verschmelzung seien nicht vor-

1) Professor AUGUST FOREL, Einige hirnanatomische Betrachtungen und Ergebnisse. Separat-Abdr. aus dem Archiv für Psychiatrie, Bd. 18.

handen, denn man beobachtet sie, wenn auch selten; auch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass durch noch zartere Behandlungsweisen diese Verbindung der directen Beobachtung in noch grösserem Maassstabe zugänglich gemacht werden könne, so dass man auch die Gesetze auffinden kann, nach denen sie zu Stande kommen.

In Bezug auf physiologische Folgerungen verdient auch die von mir angeführte Thatsache besondere Beachtung, dass der Verlauf und das Verhalten der Nervenfasern und der von den nervösen Fortsätzen ausgehenden Fibrillen auf eine Weise vor sich geht, die man durchaus für die geeignetste erklären muss, um die möglichst grösste Vielseitigkeit, Ausdehnung und Gedrängtheit der Beziehungen zwischen den ein- und austretenden Nervenfasern und den die Nervencentra bildenden Elementen hervorzubringen. Wenn wir diese Beziehungen betrachten, können wir leicht die Ueberzeugung gewinnen, dass z. B. eine einzige Nervenfaser mit einer unendlichen Zahl centraler Nervenzellen und mit sehr verschiedenen, von einander weit entfernt liegenden Nervencentren in Verbindung stehen könne.

Nach meiner Meinung befindet sich diese histologische Thatsache ebenfalls in Uebereinstimmung mit den am Anfang dieses Vortrags erwähnten Gesetzen in Bezug auf den innigen, verwickelten Zusammenhang zwischen den verschiedenen functionellen Aeusserungen des Nervensystems. — Hiermit steht die Untersuchung über eine andere, höchst wichtige Frage in Verbindung, welche sowohl im physiologischen, als im pathologischen Lager eifrig umstritten worden ist und noch wird, ich meine die von den sogenannten Hirnlocalisationen.

Wenn wir das Problem von dem rein anatomischen Gesichtspunkte betrachten, welche Zustände müsste man dann voraussetzen, um die Lehre von den Localisationen in der genauen Form, wie sie von Hitzig ausgesprochen wurde, und wie sie noch von Vielen aufrecht erhalten wird, annehmen zu können?

Zu diesen Zuständen müssten wir wenigstens folgende rechnen:

1) Charakteristische Eigenthümlichkeiten des Baues in den verschiedenen Theilen des Centralnervensystems, welche den besonderen, verschiedenen diesen, Theilen zukommenden Functionen entsprächen.

2) Eine mehr oder weniger genaue Abgrenzung oder Trennungslinie der einzelnen, zu wesentlich verschiedenen Functionen bestimmten Theile, z. B. der zur Erregung durch den Willen bestimmten einzelnen Muskelgruppen, von den zur Wahrnehmung der von der Peripherie kommenden verschiedenen Sinneseindrücke bestimmten.

3) Isolirter Verlauf der Nervenfasern von den Organen an, welche unmittelbar die Eindrücke der Aussenwelt aufnehmen, bis zu den entsprechenden einzelnen Centralzonen.

Mit der ersten dieser Bedingungen habe ich mich nicht nur in einer Arbeit [1]) beschäftigt, welche die doctrinale Behandlung der Theorie der Localisationen zum Gegenstand hatte, sondern auch in einer ausführlichen Schrift: »Ueber die feinere Anatomie der Centralorgane des Nervensystems«, welche auf meinen besonderen Untersuchungen beruht und dieser Akademie vorgelegt worden ist.

In Beziehung auf die angeblichen Unterschiede im Baue derjenigen Grosshirnwindungen, welche für Mittelpunkte wesentlich verschiedener Functionen gehalten werden und daher, wie es wirklich geschehen ist, einen verschiedenen histologischen Bau voraussetzen liessen, habe ich mich mit Entschiedenheit im negativen Sinne ausgesprochen, also für das Nichtvorhandensein der behaupteten, angeblichen Unterschiede; statt der Verschiedenheiten im Bau, welche die anerkannten Unterschiede der Function erklären sollten, musste ich in diesen Windungen eine wesentlich gleiche Organisation erkennen. — Ich schloss meine Erörterung mit der Erklärung, die Specificität der Function der verschiedenen Hirnzonen werde nicht durch eine Specificität des anatomischen Baues dieser Theile bedingt, sondern durch die Specificität der Organe, zu welchen sich die Nervenfasern an der Peripherie begeben, und fügte hinzu, die histologischen Thatsachen sprächen entschieden gegen die strenge Trennung des Sitzes der beiden Grundfunctionen, Empfindung und Bewegung, welche wir dem Centralnervensysteme zuschreiben, und man müsse vielmehr annehmen, dass die sensitive und motorische,

---

1) C. Golgi, Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales. Arch. ital. de Biol., T. II, 1882. (No. 9 dieses Bandes.)

C. Golgi, Una parola dell' anatomia a proposito di una questione di fisiologia e di clinica. Gazz. degli Ospitali, No. 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 72, Anno III.

oder psychisch-sensitive und psychisch-motorische Function ihrem anatomischen Sitze nach eng mit einander verbunden sind, ja einander durchdringen.

Damit wollte ich natürlich nicht leugnen, dass in Beziehung auf ihre peripherischen Verbindungen die verschiedenen Provinzen des Hirns vorwiegend in dem einen oder anderen Sinne functioniren.

Was eine materielle, mehr oder weniger scharfe Abgrenzung der verschiedenen Zonen der Centralorgane betrifft, welche als Mittelpunkte der sensitiven oder motorischen Function bezeichnet werden, so kann ich mich ebenfalls auf meine früheren Arbeiten stützen, um zu behaupten, dass man in der Rinde der Windungen und in allen anderen Provinzen des Nervensystems keine irgendwie anatomisch begrenzten Zonen auffinden kann, sondern dass dieselben unmerklich in einander übergehen, so dass es durchaus unmöglich wäre, histologisch zu bestimmen, wo, ich sage nicht die Grenzlinie, sondern die Uebergangszone zwischen den verschiedenen Regionen sein könnte, denen ganz verschiedene Functionen zugeschrieben werden.

Wenn wir die in dieser Arbeit vorgetragenen Angaben berücksichtigen, so finden wir, dass in vollem Widerspruch mit der zweiten der oben angeführten Bedingungen nicht nur ein allmählicher Uebergang zwischen den Zonen der grauen Substanz stattfindet, sondern dass sogar zwischen ihren Theilen selbst eine enge, materielle Verbindung besteht, dargestellt durch das feine, diffuse Nervennetz, zu dessen Bildung alle nervösen Elemente der verschiedenen Schichten der grauen Substanz beitragen. — Das Vorhandensein dieses Netzes, welches alle Schichten der grauen Substanz einnimmt (im Rückenmarke, im verlängerten Marke, in den sogenannten grauen Hirnkernen, in der Rinde des Gross- und Kleinhirns u. s. w.) und ein zusammenhängendes, zwischen den Nervenzellen liegendes und nur zur functionellen Verbindung der verschiedenen Theile bestimmtes Gewebe darstellt, bildet einen solchen Gegensatz gegen die Annahme strenger Hirnlocalisationen, dass man geneigt wäre, die Lehre von diesen Localisationen ganz abzuweisen. Aber es giebt andere Thatsachen, welche uns erlauben, wenn auch unter gewissen Einschränkungen, die so hochgeschätzte Localisationslehre anzunehmen.

Die Grenzen, welche man nach meiner Meinung um diese Lehre ziehen muss, werde ich erst zu bestimmen suchen, wenn ich auch die dritte von den Bedingungen besprochen haben werde, deren Erfüllung wir vom rein anatomischen Gesichtspunkte aus als nöthig betrachtet haben, um die Theorie der Localisation in ihrer Reinheit annehmen zu können, nämlich:

Den isolirten Verlauf der Nervenfasern von den zur Aufnahme der directen Eindrücke der Aussenwelt bestimmten Organen zu den einzelnen, entsprechenden Centralzonen.

Ueber diesen Punkt muss ich mich vor allem auf die histologischen Thatsachen berufen, welche ich in Bezug auf das Verhalten der Nervenfasern im Centralnervensystem in meinen früheren Arbeiten dargestellt und in Bezug auf die Bildung des diffusen Netzes mit noch grösserer Genauigkeit auch jetzt wieder beschrieben habe. In ihrem Verlaufe in den Markschichten der Centra bleiben die Nervenfasern, mögen sie dem Rückenmark, der Medulla oblongata, dem Gross- oder Kleinhirn angehören, nicht einfach, sondern senden fortwährend, oft in kurzen Zwischenräumen, Fäden aus, welche in die graue Substanz eindringen und daselbst durch complicirte Zertheilung an der Bildung des diffusen Nervennetzes Theil nehmen. Was das Rückenmark betrifft, so haben wir zum Beispiel gesehen, dass von allen den verschiedenen Strängen ein fortwährendes concentrisches Eindringen einer unendlichen Menge von Fasern in die graue Substanz stattfindet. Ebensolche Erscheinungen kann man leicht wahrnehmen, sowohl an den Nervenfasern der Bündel, welche in der Medulla oblongata verlaufen, als an denen der Markschichten des Gross- und Kleinhirns [1]).

---

1) In einer mir gewidmeten Arbeit (Anat. Anzeiger, 20. October 1890) hat der Prof. Ramon y Cajal in Bezug auf die von mir beschriebene Thatsache, dass es in den nach der Methode der Schwarzfärbung behandelten Stücken leicht ist, zu beobachten, dass „die Fasern der verschiedenen Markstränge der Nervencentra, mit Einschluss der vorderen Stränge des Rückenmarks, von Stelle zu Stelle Fasern entsenden, welche in die graue Substanz eindringen, wo sie sich auf mehr oder weniger complicirte Weise zertheilen", unter anderem behaupten zu dürfen geglaubt, ich hätte von dieser Thatsache „in einem so kurzen und dunkeln Paragraphen" (si ecourté et si obscur) und ausserdem „in italienischen Zeitschriften, welche den Anatomen fast unbekannt sind" berichtet (ich bemerke hierbei, dass ich die soeben gemachte wörtliche Citation den Archives italiennes de biologie entnehme), so dass man sich nicht wundern könne, wenn meine Beschreibung der

In Betreff der Endbeziehungen (Sinnesfasern) oder der Anfangsbeziehungen (Bewegungsfasern) der Nervenfasern zu den centralen Ganglienzellen glaube ich, meinen früheren Arbeiten folgende Angaben entnehmen zu sollen, weil sie auf die Discussionen über die Lehre von den Localisationen Anwendung finden können:

1) Vom Gesichtspunkte ihres Verhaltens bei ihrem Eintritte in die Schichten der grauen Substanz und ihrer Beziehungen zu den Ganglienzellen kann man die Nervenfasern in zwei Klassen eintheilen, nämlich:

a) Nervenfasern, welche offenbar in directe Verbindung mit den Ganglienzellen treten und während ihres Verlaufs in der grauen Substanz nur sparsame Fäden abgeben. Sie behalten also bis zuletzt ihren Charakter als gut individualisirte Fasern bei. Als Typen dieser ersten Klasse kann man die vorderen Wurzeln betrachten.

b) Nervenfasern, welche im Gegentheil nicht dazu bestimmt zu sein scheinen, in directe Verbindung mit Ganglienzellen zu treten, und welche sich daher während ihres Verlaufs in der grauen Substanz auf äusserst complicirte Weise zertheilen, so dass sie den Charakter gut individualisirter Fasern verlieren. Als Typen dieser zweiten Klasse kann man die hinteren Wurzeln betrachten.

Collateralfasern von den Gelehrten nicht bemerkt worden sei. Professor Ramon y Cajal fügt noch weiter hinzu, „ich hätte die Wirklichkeit meiner Entdeckung nicht hervorgehoben und die Methode nicht angegeben, um zur Darstellung jener Thatsache gelangen zu können . . . nur das schnelle Verfahren (12—36-stündige Härtung in der Osmium-Bichromatmischung; dieses Verfahren nennt Ramon y Cajal „seine Manier, das schnelle Verfahren anzuwenden") erlaube die sichere Färbung der Collateralfasern".

Auf die Anklage der Kürze und Dunkelheit habe ich nichts zu erwidern, denn um bekannt zu machen, dass nach einem allgemeinen Gesetze die in den Markbündeln laufenden Fasern längs ihrem Verlaufe von Stelle zu Stelle Fibrillen abgeben, welche in die graue Substanz eindringen, kann ich keine anderen Worte gebrauchen, als eben diese. Ich bedaure die Kürze der Beschreibung nicht, denn es scheint mir eines ernsten Pflegers der anatomischen Wissenschaft nicht würdig, die Thatsachen in wortreichen Beschreibungen zu verwässern.

Was die Anklage betrifft, „ich hätte die Wirklichkeit meiner Entdeckung nicht hervorgehoben", was wohl so viel sagen will, als ich hätte deren Wichtigkeit nicht verstanden, so bezweifle ich durchaus nicht die Ehrlichkeit Ramon y Cajal's in Bezug auf Citationen, aber ich kann nicht umhin, auf die Grundlosigkeit dieser Beschuldigung aufmerksam zu machen, indem ich jene Beschreibung wenigstens in einem halben Dutzend meiner Arbeiten wiederholt habe. Ich beschränke mich darauf, die Schrift: „Considérations anatomiques sur la doctrine des localisations cérébrales" anzuführen, besonders darum, weil sie sich in den „Archives italiennes de biologie" befindet und somit auch die Behauptung zurückweist, meine Entdeckung stehe in Zeitschriften, welche „den Anatomen unbekannt seien". — Nachdem ich in dieser Schrift ganze 14 Seiten gebraucht habe, um darauf aufmerksam zu machen, dass das Verhalten der Nervenfasern in den Centren eine der Grundlagen für die Discussion der Localisationen bilden müsse, hätte ich sicher nicht die Anklage erwartet, dem Auftreten der Collateralfasern keine Wichtigkeit zugeschrieben zu haben! — Wenn übrigens Prof. Ramon y Cajal einen Blick auf meinen ganzen, im Anatomischen Anzeiger erschienenen Aufsatz hätte werfen oder wenigstens den betreffenden bibliographischen Anzeiger durchsehen wollen, so hätte er mich sicher mit dieser Anklage verschont.

Was die Anwendungsweise der schnellen Methode betrifft, welche Ramon y Cajal mit Bestimmtheit für die seinige erklärt (ma manière d'appliquer la méthode rapide), so finde ich, dass er eine Mischung von Bichromat und Osmiumsäure ganz in denselben Verhältnissen empfiehlt, wie die von mir angegebenen (1 : 4, s. S. 200 und 201 meiner Studi sulla fina anatomia, etc.), und muss also fragen, worin seine besondere Methode besteht, und diese Frage scheint um so mehr berechtigt, als Ramon y Cajal seine Behauptung noch durch den Zusatz verstärkt, für die Nützlichkeit dieses seines Verfahrens „fänden sich Zeugnisse in den neueren Arbeiten von Koelliker, Lenhossek, Ayazzum, Lachi u. s. w. Dass diese und andere Autoren (Edinger, Staderini u. s. w.) ihm die Härtungsmethode durch directes Einlegen der frischen Stücke in die Osmium-Bichromatlösung zuschreiben, ist leicht zu erklären: es handelt sich einfach um ein Vergessen meiner Beschreibung; aber dass Ramon y Cajal jetzt sich selbst diese Methode zuschreibt, welche er anderwärts als die meinige anerkannt hat, ist schwerer zu erklären. Natürlich kann ich nicht annehmen, er finde die Eigenthümlichkeit seiner Methode in der bedeutungslosen Vermehrung der Dosis des Bichromats um 0,25 g, aber auch wenn dies der Fall wäre, müsste ich die in der obigen Phrase enthaltene Behauptung für unrichtig erklären, denn zum guten Gelingen der Reaction ist jene Zugabe entschieden unnöthig. — Uebrigens zweifle ich nicht, dass Prof. Ramon y Cajal sich jetzt überzeugt haben wird, dass man die Darstellung der Collateralzweige nicht „bloss durch den schnellen Process" mittelst der von mir angegebenen Osmium-Bichromatmischung zu Stande bringen kann. Die Collateralfasern lassen sich in grossem Maassstabe, auf noch deutlichere Weise und mit äusserster Feinheit auch auf andere Weise sichtbar machen. Die Sublimatmethode, auf welche ich auch in dieser Arbeit besonders aufmerksam gemacht habe, liefert Präparate, welche ausser den genannten Vortheilen auch noch den der sicheren und bequemen Erhaltung hinzufügen. Nach dieser Richtigstellung will ich jedoch aus Gerechtigkeitsgefühl erklären, dass die in meiner Veröffentlichung im Anatomischen Anzeiger (No. 13, 14, 1890) enthaltene Phrase, welche dem Prof. Ramon y Cajal Veranlassung zu der an mich gerichteten Note gegeben hat, sofern sie den Collegen Ramon y Cajal betraf, nicht richtig angewendet war. — Ich fühle für diesen jungen Forscher die grösste Achtung, und wie ich seine grosse Thätigkeit und Strebsamkeit bewundere, schätze ich auch die Wichtigkeit seiner originellen Beobachtungen. — Die geringen Verschiedenheiten zwischen seinen und meinen Schlüssen können auf diese meine Gefühle nicht den geringsten Einfluss üben, denn ich bin vollkommen überzeugt, dass solche Verschiedenheiten bei dem Fortschritte der Forschungen immer zum Nutzen der Wissenschaft ausschlagen.

2) In Bezug auf die erste Klasse von Nervenfasern nehmen wir, wie gesagt, an, dass sie in directer Verbindung mit den Ganglienzellen stehen, aber wir leugnen durchaus, dass diese Verbindung isolirt und ohne collaterale Beziehungen sei. Die isolirte Verbindung wird dadurch ausgeschlossen, dass die Nervenfaser, ehe sie sich mit der Zelle vereinigt, in der grauen Substanz eine gewisse Zahl von Fasern absendet, welche offenbar bestimmt sind, andere Beziehungen und Verbindungen anzuknüpfen.

3) Für die zweite Klasse von Zellen ist es ganz ausgeschlossen, dass sie in directe, individuelle Verbindung mit entsprechenden Zellenindividuen treten; zwischen dieser Zellenart und den Ganglienzellen kann nur ein indirecter Zusammenhang bestehen, nämlich durch Vermittelung des nervösen Netzes oder Geflechtes, dessen complicirte Herkunft im Vorhergehenden von mir beschrieben wurde.

Alles dieses entspricht den von mir gelieferten Angaben über die beiden grundverschiedenen Arten des Verhaltens des nervösen Fortsatzes der Ganglienzellen (ich erinnere an meine Unterscheidung der Zellentypen, welche auf demselben Princip beruht, wie die Unterscheidung der beiden Kategorien von Fasern).

4) Wie aus den hier zusammengefassten Gesetzen hervorgeht, stehen die Nervenfasern nicht nur nicht in individuellem, isolirtem Zusammenhange mit entsprechenden Zellenindividuen, sondern vielmehr mit ausgedehnten Gruppen derselben; umgekehrt kann jede Ganglienzelle der Centra mit mehreren Nervenfasern in Verbindung stehen, ja wahrscheinlich mit solchen, die ganz verschiedene Bestimmung und Function haben.

5) Noch einmal mache ich auf das auch in dieser Schrift schon angeführte Gesetz aufmerksam, dass nämlich das Verhalten vieler Nervenfasern am besten geeignet scheint, um möglichst ausgedehnte und complicirte Verbindungen mit den verschiedenen Gruppen von Ganglienzellen und verschiedenen Zonen des Nervensystems zu Stande zu bringen.

Die wenigen, hier zusammenfassend vorgebrachten histologischen Thatsachen könnten ein Gesetz beweisen, welches in scharfem Widerspruch mit der dritten der oben genannten Grundbedingungen steht. Denn aus diesen Thatsachen folgt, »dass in den nervösen Centralorganen die Nervenfasern nicht einen individuellen, unabhängigen, isolirten Verlauf haben, sondern in vielfacher Verbindung mit Ganglienzellen stehen«. Ja es ist durchaus keine Hypothese, wenn man sagt, eine in den Marksträngen des Rückenmarks vertical herablaufende Faser gehe durch auf einanderfolgendes Aussenden von Fibrillen in die graue Substanz nach einander Verbindungen mit den verschiedenen Segmenten des Rückenmarks ein, zuerst mit den sogenannten Kernen des Rückenmarkes und mit den Ganglien an der Basis des Gehirns, dann, und zuletzt, mit der grauen Substanz der verschiedenen Rindenbezirke.

Wenn wir also in Folge davon die centralen, zur ausschliesslichen centralen Vertheilung der Nervenfasern abgegrenzten Bezirke für unzulässig erklären, so glauben wir doch, Territorien der vorwiegenden, directeren Vertheilung der Fasern annehmen zu sollen. Mit diesen Bezirken würden die Nervenfasern, welche von der Peripherie kommen, oder nach ihr gehen, in mehr directer und inniger Verbindung stehen, als mit anderen, näher oder entfernter liegenden Theilen, mit denen sie jedoch ebenfalls zusammenhängen. Ich brauche nicht zu sagen, dass unter Territorien von vorwiegender Vertheilung solche zu verstehen sind, welche sich durch allmählichen Uebergang mit anderen, benachbarten vermischen, in welchen sich vorwiegend andere Fasern vertheilen.

Diese anatomischen Angaben lassen sich in Bezug auf die Localisationen fast ganz in die physiologische Ausdrucksweise übersetzen. Denn wie von anatomischer, so erscheint auch von physiologischer Seite die Idee scharf begrenzter, streng in ihrer Function specialisirter Bezirke im Sinne der von Hitzig und Ferrier aufgestellten Localisationslehre unhaltbar, aber zu gleicher Zeit muss man, immer in Uebereinstimmung mit den histologischen Angaben, vorwiegende oder vorzugsweise Leitungsbahnen und Provinzen ohne bestimmte Grenzen, ja zum Theil sich über einander lagernd, annehmen, welche, wenn sie vorwiegend oder vorzugsweise erregt werden, auch vorwiegend auf eine den auf einander folgenden Erregungen entsprechende Weise in der Richtung jener Bahnen reagiren.

Aber in dieser Beziehung muss man auch eine andere Thatsache, welche ebenfalls der Histologie angehört und den Localisationen günstig ist, in Betracht ziehen, nämlich den Myelinüberzug, mit welchem die Cerebro-spinalnervenfasern in ihrem Verlaufe von der Peripherie (mit Ausnahme der sogenannten Endigungen) bis in die graue Substanz der Centra umkleidet sind. Die wichtige Aufgabe des Myelinüberzugs für die nervöse Leitung ist allbekannt, und ebenso ist es bekannt, dass während der Entwickelung des Organismus

dieser Ueberzug der Axencylinder sich nach bestimmten, aber für die verschiedenen Fasersysteme verschiedenen Gesetzen entwickelt und ausbreitet.

Auf dieselbe Weise, wie an den Sinnesorganen die fortschreitende Specialisirung und Differenzirung der Functionen, welche man in den ersten Monaten des extrauterinen Lebens des Menschen beobachtet, zum Theil an die allmähliche, auch nach den grauen Schichten der Centra erfolgende Ausdehnung des Myelinüberzuges der Nervenfasern gebunden ist, so müssen wir auch in Bezug auf die Localisationen annehmen, dass der Myelinbekleidung, welche die Nervenfasern mehr oder weniger bis in die grauen Schichten begleitet, ebenfalls eine wichtige Aufgabe zufällt, nämlich die, eine Beschränkung der seitlichen Leitung der nervösen Strömungen herzustellen.

Die histologischen Thatsachen bedingen also keineswegs eine Verneinung der Localisationen, sondern nur eine Beschränkung des angeblichen Vorhandenseins wohlbegrenzter Rindencentra, von denen jedes zur Verrichtung verschiedener, specieller Functionen bestimmt wäre.

Die histologischen Thatsachen, welche ich in dieser Arbeit beschrieben und zusammengefasst habe, geben uns die Mittel zur richtigen Beurtheilung von nicht wenigen anderen Erscheinungen, welche theils der Physiologie und experimentellen Pathologie, theils der Klinik und pathologischen Anatomie angehören.

Sie könnten uns z. B. den Grund angeben: für das mehr oder weniger schnelle Verschwinden oder die Ausgleichung der paralytischen Erscheinungen oder Sinnesstörungen, welche auf die Zerstörung der verschiedenen Rindenzonen folgen; für das Wiedererscheinen erregbarer Punkte hier und da in der Nachbarschaft von Narben, welche auf die Exstirpation von Bewegungszonen gefolgt sind (BINSWANGER); für die Ungewissheiten und Widersprüche, welche unter den Forschern über die topographische Bezeichnung der einzelnen Centra und über die Bestimmung der Zahl der erregbaren Punkte bestehen; für die von Einigen beobachtete Unbeständigkeit in dem Verhältniss zwischen einer Bewegung und einem bestimmten Punkte der Rinde (indem man dasselbe Resultat durch Reizung verschiedener Punkte erreichen kann). Endlich könnten jene Thatsachen uns vielleicht auch die Mittel liefern, gründlicher, als es bis jetzt möglich gewesen ist, die Heilung gewisser, sehr schwerer Fälle von Lähmungen zu erklären (Hemiplegien), welche man nach dem klinischen Bilde und bisweilen auch nach dem späteren anatomischen Befunde einer wirklichen Degeneration der Nervenbündel zuschreibt.

In allen diesen Fällen würde eine Kenntniss der complicirten Verbindungen der Nervenfasern mit den verschiedenen Provinzen des Nervensystems von Nutzen sein, indem diese Verbindungen die Möglichkeit einer functionellen Stellvertretung zwischen verschiedenen Provinzen der grauen Centralsubstanz und der späteren Entwickelung von nervösen Collateralbahnen einschliessen würden. Aber um einen jeden der hier angedeuteten Punkte gehörig entwickeln zu können, müsste ich allzu weit über die Grenzen hinausgehen, welche dieser Mittheilung gezogen sind.

Uebrigens sind einige dieser Punkte schon in meiner angeführten Arbeit über die Localisationen, vom anatomischen Gesichtspunkte aus betrachtet, behandelt worden. Es scheint mir nicht unzweckmässig, die Schlussfolgerungen jener Veröffentlichung hier am Schlusse der gegenwärtigen kurz wieder anzuführen.

»Zum Schlusse nimmt die Frage von den Localisationen, nach der Art, wie sie behandelt worden ist, ein ziemlich seltsames Aussehen an, d. h. wir haben Folgerungen aufgestellt, welche mit unseren Voraussetzungen in vollem Widerspruche zu stehen scheinen könnten.

»In der That haben wir in Beziehung auf die drei Arten von Bedingungen, welche wir vorausgesetzt und besprochen haben, zuletzt die Schlüsse gezogen:

1) In den verschiedenen Rindenzonen finden sich keine Eigenthümlichkeiten der anatomischen oder histomorphologischen Bildung (Gestalt, Grösse, Anordnung und gegenseitige Beziehungen der Elemente), welche den angenommenen oder nachgewiesenen functionellen Unterschieden entsprächen.

2) Es besteht kein isolirter Verlauf der Nervenfasern, welche von den zur Aufnahme der unmittelbaren Eindrücke der Aussenwelt bestimmten Organen zu den entsprechenden Rindenzonen verlaufen, und umgekehrt.

3) Es ist unmöglich, irgend eine materielle Abgrenzung der Rindenzonen aufzufinden, sondern wir beobachten im Gegentheil zusammenhängende Gleichmässigkeit des Baues und sogar einen innigen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Theilen der Rinde, ohne Ausnahme der Zonen, welche zu ganz verschiedenen Functionen bestimmt sein sollen.

»Alles dies scheint anzudeuten, dass die von uns für nothwendig erklärten Bedingungen, um behaupten zu können, die Anatomie unterstütze durch ihre eigenen Resultate die Lehre von den Localisationen, ganz fehlen.

»Trotz dieser Erklärung, dass die Anatomie die Lehre von den Localisationen nicht begünstigt, haben wir Ansichten ausgesprochen, welche eine Annahme dieser Lehre ausdrücken.

»Aber die von uns angenommene Localisationslehre enthält wesentliche Beschränkungen der Ansicht Hitzig's und seiner Parteigänger.

»Offenbar bringt Hitzig die Specifität der Function seiner psycho-motorischen Centra mit etwas Specifischem, etwas der Materie Anhaftendem [1]) in Verbindung, woraus diese Centra bestehen.

»Ferner soll nach seiner Lehre die Localisation in Bezug auf die Natur der functionellen Aufgabe, welche jeder Zone zukommt, nicht weniger streng und genau sein, als in Bezug auf die Lage und die Grenzen jedes Centrums, und in Folge dieser Ansicht über die Function der Hirnrinde leugnet Hitzig durchaus die Möglichkeit, dass die Function eines zerstörten Theiles durch irgend einen anderen Theil der Hemisphären übernommen werden könne. Um das Wiedererscheinen der normalen, durch die Zerstörung unterdrückten Function zu erklären, glaubt er nothwendiger Weise annehmen zu müssen, die diesen Functionen entsprechenden Rindencentra seien nur zum Theil zerstört worden.

»Was den ersten Punkt betrifft, so müssen wir daran erinnern, dass einer der Punkte, welchem wir besondere Wichtigkeit beilegten, eben der Mangel an wesentlichen Unterschieden im Bau der verschiedenen Rindenschichten war.

»Indem wir behaupteten, die Unterschiede der Function ständen nicht im Verhältniss zu den Abweichungen im Bau der verschiedenen Rindenschichten, sondern hingen im Gegentheil von den peripherischen Beziehungen der Fasern ab, welche in diesen verschiedenen Rindenzonen endigen, haben wir uns bis zu einem gewissen Grade Flourens und Goltz genähert, welche bekanntlich die functionelle Gleichartigkeit der grauen Substanz annehmen, oder wenigstens haben wir uns ebenso weit von Hitzig entfernt, als wir uns Flourens und Goltz genähert haben.

»Was den zweiten Punkt betrifft, so haben wir den Begriff der Localisationen der anatomischen Thatsache der mehr oder weniger innigen Verbindung untergeordnet, welche vermittelst der Nervenfasern zwischen den peripherischen Theilen und den verschiedenen Hirnprovinzen zu Stande kommt, und dadurch eine noch gründlichere Beschränkung der Lehre Hitzig's gemacht.

»Wir haben in der That erkannt, dass scharf begrenzte Vertheilungszonen der Nervenfasern nicht vorhanden sind, sondern nur unbegrenzte Zonen von vorwiegender Vertheilung mit allmählichen Uebergängen und auch theilweiser, gegenseitiger Durchdringung benachbarter Zonen, in denen sich vorzugsweise andere Fasersysteme vertheilen. Von dem physiologischen Gesichtspunkte aus war es also eine logische Nothwendigkeit, in genauer Uebereinstimmung mit den Angaben der Anatomie das Vorhandensein von Provinzen anzunehmen, welche nicht isolirt sind, sondern ganz unbestimmte Grenzen besitzen, die sich zum Theil mit den benachbarten Provinzen vermischen; in diesen Provinzen gehen vorzugsweise die specifischen Hirnfunctionen von Statten, welche zu den Organen in Beziehung stehen, mit welchen diese Provinzen durch ein specielles Fasersystem in inniger, wenn auch nicht in ausschliesslicher Verbindung stehen. — Auf diese Weise schliessen wir die Möglichkeit nicht aus, dass innerhalb gewisser Grenzen eine gleichzeitige Beeinflussung und eine functionelle Stellvertretung von Seiten anderer Provinzen stattfinde, welche weniger directen Zusammenhang mit demselben Fasersystem haben.

»Da wir übrigens die Idee von der Localisation der Kenntniss der centralen Beziehungen der verschiedenen Systeme von Nervenfasern entschieden untergeordnet haben, welche nach den verschiedenen organischen Apparaten der Peripherie laufen, so müssen wir offenbar auch annehmen, dass die mehr oder weniger genaue Bestimmung der Gesetze der Localisation, oder die Kenntniss der den verschiedenen Provinzen zukommenden Functionen und der Art, wie diese Functionen mit einander in Verbindung stehen, den weiteren Entdeckungen über den Verlauf der verschiedenen Fasersysteme untergeordnet werden muss, durch deren

1) Nach der unklaren Definition Hitzig's sind die Rindencentra die umschriebenen Punkte der Hirnrinde, welche den verschiedenen psychischen Functionen für ihren Eintritt in die Materie und ihren Austritt aus dieser zugewiesen sind.

Wirkung die verschiedenen Thätigkeiten, die psycho-sensitive oder psycho-motorische, in diesen Provinzen ausgeübt werden.

»Die Vorstellung, welche uns die Anatomie über die Hirnlocalisationen liefern kann, ist jedenfalls sehr unbestimmt. Aber diese Ungewissheit muss einstweilen ihr charakteristisches Merkmal bleiben; auch muss man sagen, dass diese Vorstellung mit aller ihrer Unbestimmtheit nicht nur in den Resultaten der physiologischen Experimente, sondern auch von Seiten der klinischen und anatomisch-pathologischen Beobachtung eine kräftige Stütze findet.«

Die bei der histologischen Untersuchung befolgte Methode.

Die Methode, welche mir zu den im ersten Theile dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen am nützlichsten gewesen ist, war die der Färbung der nervösen Elemente mit Quecksilbersublimat, aber mit einer Abänderung, welche ihren demonstrativen Werth erhöht, ohne das Grundverfahren zu verändern, welches besteht: 1) in der Härtung der Stücke in doppeltchromsaurem Kali, 2) in der Uebertragung aus diesem in eine $^1/_2$- bis 1-procentige Quecksilberchloridlösung.

Da ich eine ins Einzelne gehende Beschreibung dieser meiner Methode in einer anderen Arbeit (Studi sulla fina anatomia degli organi centrali del sistema nervoso, p. 202) über das, was ich den grundlegenden Theil des Verfahrens nenne, gegeben habe, so halte ich es für zweckmässig, noch hinzuzufügen, dass die besten und feinsten Reactionen an den Nervenfasern und an dem interstitiellen diffusen Netze von mir an Stücken (von dem Rückenmarke einer neugeborenen Katze) beobachtet wurden, welche nach langem Aufenthalte in einer Bichromatlösung (zuerst MÜLLER'sche Flüssigkeit, dann reines Bichromat zu 3 Proc.) lange Zeit (zum Theil über zwei Jahre) in einer einprocentigen Sublimatlösung gelegen hatten. — Da es sich um Stücke handelte, welche auf diese Weise im Laboratorium zur Untersuchung bereit lagen, aber noch nicht benutzt worden waren, so kann ich natürlich nicht angeben, welchen Einfluss der lange Aufenthalt in letzterem Reagens ausgeübt haben kann.

Die von mir eingeführte Abänderung, welcher ich einen gewissen Werth für den deutlichen Nachweis der feinen Einzelnheiten des Baues beilegen muss, und auf welche ich hier die Aufmerksamkeit der Beobachter lenken möchte, besteht einfach in einer kleinen Zugabe, nämlich der Schwärzung der glänzend weissen Farbe, welche die Nervenelemente durch die Quecksilberimprägnation annehmen.

Bekanntlich erscheinen die mit Sublimat behandelten Elemente wegen der durch die Reaction bewirkten Undurchsichtigkeit bei durchfallendem Lichte schwarz, bei auffallendem Lichte aber weiss. Dieser Unterschied ist leicht zu beobachten, wenn man bei der Untersuchung mit reflectirtem Lichte den Spiegel abblendet.

Für die Beobachtung bei schwacher oder mässiger Vergrösserung, wo es sich um weniger feine Einzelnheiten handelt, kann diese Art der Erscheinung der Elemente befriedigend sein; aber anders ist es bei feineren Einzelnheiten, wo man starker Vergrösserungen bedarf. In diesen Fällen beeinflusst der metallische Glanz der feinen Theile, z. B. der feinsten Theilfäden der Nervenfasern, die Beobachtung offenbar auf ungünstige Weise, indem er den Bildern etwas Unbestimmtes giebt. Die schwarze Farbe, welche an die Stelle der weissmetallischen tritt, lässt die Fasern gegen ihre Umgebung besser hervortreten, indem sie den feinsten Fäden mehr Körper giebt, und erhöht so den demonstrativen Werth der Präparate bedeutend.

Wenn man bedenkt, dass die Imprägnation aus metallischem Quecksilber besteht, so kann die Verwandelung des metallischen Weiss in tiefes Schwarz nach der Lehre der elementaren Chemie durch eine Anzahl von Reagentien zu Stande gebracht werden. Zu diesem Zwecke können dienen: die Sulfite und Hyposulfite (besonders schwefligsaures und unterschwefligsaures Natron in fünfprocentiger Lösung), die Sulphurete (von Kalium, Natrium und Ammonium, die beiden ersten in ein- bis zweiprocentiger, das dritte in einhalbprocentiger Lösung), der Schwefelwasserstoff (ein Theil der gesättigten Lösung und drei Theile destillirten Wassers). — Man kann auch mit Vortheil die Sulphocyanüre (von Kalium, Natrium und Ammonium in zweiprocentiger Lösung) anwenden.

Die Lösungen von Sulfit und Hyposulfit, besonders die zweite, machen eine sorgfältige Ueberwachung der Präparate nothwendig, indem ohne sie durch Verschwinden der metallischen Imprägnation die Präparate nicht selten ganz verderben.

Die Sulfuride (von Kalium und Natrium) sind leichter zu behandeln, aber auch mit ihnen ist die vollkommene Erhaltung der Präparate nicht vollkommen sicher.

Die Sulfocyanüre wirken sehr gut, indem sie die kleinsten Theile, auf welche vorher die Metallimprägnation eingewirkt hat, zur Erscheinung bringen, sie bewirken aber keine gleichmässig schwarze, sondern nur eine bräunliche Färbung. Ausserdem bekommen die Zellen und Fasern unter der Einwirkung dieses Reagens ein punktirtes, fast staubiges Aussehen.

Der Schwefelwasserstoff wird durch seinen widerwärtigen Geruch sehr unangenehm (eine Eigenschaft, die er mit dem Schwefelammonium gemein hat) und hat auch die Neigung (ebenso wie das Schwefelammonium), auch diejenigen Theile bräunlich zu färben, welche kein Sublimat enthalten, was die Klarheit der Präparate sehr beeinträchtigt.

Aus allen diesen Gründen, und besonders wegen der Schnelligkeit und Sicherheit ihrer Wirkung, wegen der Intensität, Gleichförmigkeit und Schärfe der Schwarzfärbung, die man erhält, und besonders wegen der sicheren Dauerhaftigkeit der Präparate verdient vor allen hier angegebenen Substanzen (natürlich für den besonderen Zweck der Behandlung der Sublimatpräparate) die Mischung den Vorzug, deren sich die Photographen bedienen, um ihre positiven Bilder auf Aristotyppapier zugleich zu färben und zu fixiren.

Von den vielen Formeln dieser Art, welche sich in den Büchern über photographische Technik finden, habe ich eine angenommen, welche ich in der Fussnote vollständig wieder gebe[1]).

Die Abänderung, welche ich mit meiner Sublimatmethode vorgenommen habe, wird folgendermaassen ausgeführt:

Die Stücke, an denen man sich von dem Gelingen der feinen Metallimprägnation überzeugt hat, werden auf die bekannte Weise in Celloidin eingeschlossen und mittels des Mikrotom geschnitten. Die Schnitte werden nach einander folgenden Behandlungsweisen unterworfen:

1) Waschen in destillirtem Wasser.

2) Eintauchung, eine oder zwei Minuten lang (sie kann auch ohne Schaden mehrere Minuten dauern) in die oben angegebene Fixir- und Färbeflüssigkeit. Einige Cubikcentimeter der Flüssigkeit genügen für viele Schnitte. Man kann die Schwärzung mit blossem Auge beobachten.

3) Neues sorgfältiges Waschen in destillirtem Wasser.

4) (Nach Belieben.) Leichte Karminfärbung, um in dem feinen interstitiellen Nervennetze die Zellkörper und Kerne deutlicher hervortreten zu lassen. Zu dieser Färbung passt am besten, wie mich die Erfahrung gelehrt hat, saurer Karmin, und als ganz besonders geeignet finde ich eine Verdünnung dieser Farbeflüssigkeit mit Essigsäure und Alkohol (zu gleichen Theilen); die Farbeflüssigkeit, in welche die Schnitte gebracht werden, muss eine gesättigt rothe Farbe haben.

5) Wiederholtes Waschen in Wasser, dann nach einander Uebertragung in Alkohol und Nelkenöl und zuletzt Einschluss in Kanadabalsam oder Dammarfirniss, auf die gewöhnliche Weise.

Ausser den oben angegebenen Vortheilen besitzen die so behandelten Präparate noch den, dass sie mit der Zeit keine pulverförmigen Niederschläge oder nadelförmigen Krystalle hervorbringen, welche fast immer, wenn nicht wiederholte, lange dauernde Waschungen vorhergegangen sind, zuletzt die nach der ursprünglichen Methode angefertigten Präparate verderben.

1) Zum Tonen bereitet man getrennt die beiden folgenden Lösungen:
a) Wasser 1 Liter,
Unterschwefligsaures Natron 175 g,
Alaun 20 g,
Schwefelcyanammonium 10 g,
Chlornatrium 40 g.
Diese Mischung bleibt 8 Tage lang ruhig stehen und wird dann filtrirt.
b) Wasser 100 g,
Goldchlorid 1 g.
Um das Färbebad zu bereiten, mischt man von Lösung a) 60 ccm,
" " b) 7 "
altes, combinirtes Bad 40 "
Aus Sparsamkeit und zur Bequemlichkeit gebrauche ich die Flüssigkeit, welche schon zum Tonen gedient hat, also zu diesem Zweck fast unbrauchbar geworden ist.

No. XIV.

Ueber den Ursprung des vierten Hirnnerven (patheticus oder trochlearis)

und eine Frage der allgemeinen Histo-Physiologie, welche sich an diesen Gegenstand knüpft.

Sitzungsberichte der K. Akademie dei Lincei, Mai, 1893.

Von dem Mitgliede

Camillo Golgi.

I.

Histologie. Die Beobachtungen, welche ich in dieser Mittheilung der Akademie vorzulegen die Ehre habe, stehen in Verbindung mit einem anderen Vortrage, welchen ich vor der Medicinisch-chirurgischen Gesellschaft von Pavia in ihrer Versammlung vom 13. Juni 1892 gehalten habe. In dieser Mittheilung, welche eine Fortsetzung zu einer Reihe von Abhandlungen über feine Veränderungen in den nervösen Organen bildet, die in ihrer Gesammtheit einen sehr charakteristischen anatomisch-pathologischen Befund bei der Hundswuth bildeten, wollte ich auf die besondere Art von Nervenzellen hinweisen, in denen ich gewisse feine Alterationen beobachtet hatte, und drückte mich folgendermaassen aus: »Diese Alteration hat schon darum meine Aufmerksamkeit gefesselt, weil es sich um eine besondere Art von Zellen handelt, welche sich durchaus von dem allgemeinen Typus der centralen Nervenzellen entfernen. Es handelt sich um jene grossen, kugelförmigen, rundlichen oder birnförmigen Zellen, welche constant nur einen einzigen Fortsatz besitzen, welcher sich in geringer Entfernung von dem Zellkörper mit einer Myelinhülle umgiebt und sich so als erster und einziger nervöser Fortsatz ausweist. Ich bemerke beiläufig, dass die grosse Mehrzahl der Anatomen diese Zellen der absteigenden Wurzel des Quintus zurechnet, dagegen ich mit Deiters nicht anstehe, sie als die Ursprungselemente des Patheticus zu betrachten. Aber über diesen Punkt beabsichtige ich die Gesellschaft bei einer anderen Gelegenheit zu unterhalten« [1]).

Um dieser vor fast einem Jahre gegebenen Erklärung nachzukommen, bitte ich heute um das Wort.

Die besonderen Zellen, auf welche ich hingewiesen habe, haben schon seit langer Zeit die Aufmerksamkeit der Anatomen auf sich gezogen. Aber was man über sie gesagt hat, ist, was die morphologische Beschreibung betrifft, ungenau und ergiebt keine Uebereinstimmung zwischen den verschiedenen Beobachtern über ihre Beziehung zu einem bestimmten Nerven. Wie ich schon sagte, betrachtet sie die grosse Mehrzahl der Anatomen als zu dem fünften Hirnnervenpaare gehörig, während sie von einigen, wie wir sehen werden,

---

1) C. Golgi, Ancora una nota a contribuzione delle conoscenze sull' anatomia patologica della rabbia sperimentale. Rendic. della Soc. med.-chir. di Pavia, Seduta dell' 11 giugno 1892. Gazz. med. di Pavia, No 8, 1892.

zu dem Trochlearis gerechnet werden. Keiner von den Beobachtern, welche sie bis jetzt untersucht haben, hat ihre directe Beziehung zu den Nervenfasern feststellen können. Und seltsamer Weise kann DEITERS, welcher schon im Jahre 1865 diesen Zellen zuerst seine Aufmerksamkeit zuwendete, sich noch jetzt den Beobachter nennen, welcher ihre Eigenschaften am richtigsten erkannt und am genauesten beschrieben hat. Er hat sogar die Wichtigkeit angedeutet, welche ebendiese Zellen, weil sie von dem allgemeinen Schema der centralen Nervenzellen eine Ausnahme bilden, gewissen Streitfragen allgemeiner Natur gegenüber, in Beziehung auf die Bedeutung der verschiedenen, die Nervenzellen des gewöhnlichen Typus bildenden Theile, haben können.

Auch ich habe schon seit Jahren, wenn auch mit langen Unterbrechungen, meine Aufmerksamkeit mit einiger Beharrlichkeit den hier besprochenen Zellen zugewendet, und in Betracht dessen, was von DEITERS bis jetzt über sie gesagt worden ist, glaube ich, dass sie immer noch von zwei Gesichtspunkten aus untersucht zu werden verdienen, nämlich:

1) von dem morphologischen und nach der Art, wie sie mit den Nervenfasern in Verbindung treten;

2) von dem Gesichtspunkte ihrer functionellen Bedeutung, in dem Sinne ihrer peripherischen Beziehungen, vielleicht als Ursprungselemente eher der einen, als der anderen Art von Nervenfasern.

Was den ersten Punkt betrifft, so muss ich, um das bis jetzt über diesen Gegenstand Veröffentlichte, anzuführen, auf DEITERS zurückkommen. Und da das von ihm über diese besondere Art von Zellen Gesagte nach meinem Urtheile noch immer das Vollständigste und Richtigste ist, so will ich hier die Seite ganz anführen, welche er dieser Darstellung gewidmet hat[1]):

»Eine Ausnahme von dem oben beschriebenen Schema (dem classischen Schema der Centralnervenzellen), die ich noch nicht vollständig zu erklären im Stande bin, machen wohl nur die Zellen, welche am Ursprung des Trochlearis gelegen sind, und diesen während seiner Bahn durch das Centralorgan in sehr einfacher regelmässiger Reihe begleiten, die bisher noch nicht bekannt zu sein scheinen. — Die Bündel des Nervus trochlearis treten in demnächst zu erörternder Weise an der Grenze der grauen Substanz ein und begegnen hier in einfacher Reihe gelegenen Zellen von ganz ausnahmsweiser Beschaffenheit. Diese Zellen (vergl. Fig. 9) kann ich nicht besser vergleichen, wie mit den Elementen der meisten peripherischen Ganglien, z. B. des Ganglion Gasseri, an denen die Fortsätze meist abgerissen zu sein pflegen oder jedenfalls in geringer Zahl vorhanden sind und kaum die Bedeutung von Protoplasmafortsätzen haben. Die genannten Zellen des Trochlearis erscheinen ganz isolirt mit sehr regelmässigem rundlichen Zellkörper, mit zwar etwas rauher Oberfläche, aber jedenfalls so, dass abgehende Fortsätze die Form der Zelle nicht alteriren. Der Inhalt der Zellen ist sehr gleichmässig feinkörnig, mit einer Pigmentlage, grossen bläschenartigen Kernen u. s. w., mit einem Worte, der Zellkörper bietet so recht das Prototyp dessen, was man früher als eine runde apolare Zelle bezeichnete. Bei genauer Untersuchung vorsichtig isolirter Theile erkennt man aber, dass die scheinbare Apolarität sich nur auf einen (mehr oder minder vollständigen) Mangel der Protoplasmafortsätze bezieht, dass aber doch immer ein, auch wohl zwei glatte, nicht getheilte Fortsätze abgehen, von denen ich nicht ganz sicher bin, ob sie nachher direct in den Axencylinder einer Nervenfaser umbiegen. Den genannten zweiten Fortsatz einer solchen Zelle habe ich nur in wenigen Fällen beobachtet. Dass mit diesem Bilde die wirkliche Form dieser Zellen erschöpfend gegeben sei, kommt mir nicht in den Sinn zu behaupten. Die localen Bedingungen sind hier der Art, dass ein Abreissen abgehender Fäden ausserordentlich leicht möglich ist. Das wahre vorauszusehende Bild wird sich wohl als eine Zelle herausstellen, deren Zellkörper selbst die verschiedenen Systeme abgehender Nervenelemente abschickt. In der Art hat aber diese Zelle in den bisher untersuchten Theilen der Centralorgane einstweilen kein Analogon und ich empfehle sie der Controle anderer Forscher aufs angelegentlichste, da sie gewiss für die Theorie wichtige Anhaltspunkte in sich schliessen werden. Ob diese Zellen überhaupt als directer Ausgangspunkt des Trochlearis aufgefasst werden dürfen, ist mir zweifelhaft geworden. Die alleinigen sind sie sicher nicht. In ihrer Nähe, in dem Innern der grauen Substanz, findet man eine Masse anderer, den gewöhnlichen motorischen Zellen mehr entsprechender

1) OTTO DEITERS, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugethiere, Braunschweig 1865, S. 91 und 92.

Elemente, die schon bei Thieren oft durch etwas mehr Pigment sich auszeichnen, beim Menschen aber fast vollständig von einem dichten schwarzen Pigmente erfüllt sind.«

Diese Beschreibung von DEITERS ist wahrhaft bewundernswürdig, sowohl wegen der beigebrachten Angaben, als wegen seiner Sorgfalt, sich bei der Anführung dieser Angaben streng an das zu halten, was er selbst feststellen und darlegen konnte. In Bezug auf die zum ersten Male von ihm so genau beobachteten Zellen bemerkt er einerseits, dass sie dem gewöhnlichen Typus der Centralnervenzellen nicht entsprechen, und dass sie ihrer Gesammterscheinung nach eine entschiedene Aehnlichkeit mit den Zellen der Intervertebralganglien aufweisen, andererseits kann er sich nicht entschliessen, über die Fortsätze einen entschiedenen Ausspruch zu thun. Obgleich er an ihnen an Isolirungspräparaten nur einen oder höchstens zwei Fortsätze gefunden hat, möchte er doch annehmen, dass das Fehlen der Fortsätze von künstlicher Zerreissung herrühre, weil er sich nicht für befugt hält, in den Nervencentren einen Typus von so eigenthümlichen Zellen anzunehmen. Besonders hat er den Uebergang der Fortsätze, oder eines von ihnen, in eine Nervenfaser nicht feststellen können; aber da er zugleich einsieht, dass diese Zellen, wie er sie beschrieben hat, Gelegenheit zu theoretischen Betrachtungen geben können, so kann er nicht umhin, sie »der Untersuchung anderer Beobachter« zu empfehlen.

Die Figur, mit welcher DEITERS seine Beschreibung erläutert (Taf. 2, Fig. 9), zeigt eine Zelle mit zwei Fortsätzen.

Von DEITERS' Gewissenhaftigkeit, nur das zu behaupten, was er durch sorgfältige Untersuchung beobachtet zu haben glaubt, haben sich freilich einige von den Anatomen, welche sich nach ihm mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, einigermaassen entfernt.

MEYNERT [1]), welcher, wie wir sehen werden, entschieden behauptet, die fraglichen Zellen gehörten dem Ursprunge des Quintus an (einer der sensorischen Wurzeln, der absteigenden dieses Nerven), beschreibt sie einfach als blasige Zellen, arm an Fortsätzen, dünn, wie der Strohhalm an der Seifenblase, mit scharfen Umrissen. Ja, MEYNERT legt besonderen Nachdruck auf die Behauptung, eben diese Zellen stellten einen Typus von Sinneszellen dar, welche, schon der Nachbarschaft wegen, ein lehrreiches Gegenstück zu den grossen, schlanken, an Fortsätzen reichen Bewegungszellen bildeten, welche der centralen, grauen Substanz der Eminentiae bigeminae angehören, und die er dem Kerne des Oculomotorius und Trochlearis zurechnet.

HUGUENIN [2]), welcher sich gewöhnlich an die Beschreibungen von MEYNERT hält, wiederholt natürlich auch über diesen Punkt die Worte des Wiener Gelehrten. Bei der Aufzählung der verschiedenen Zellengruppen, aus denen die Wurzeln des sensitiven Stammes des Trigeminus entspringen, nennt er die kleinen Gruppen grosser, rundlicher, blasiger Zellen mit rundem Kerne und wenigen, ziemlich vergänglichen Fortsätzen, welche um den Aquaeductus Sylvii liegen. Es handelt sich selbstverständlich um die Zellen, welche MEYNERT auf die absteigende Wurzel des Quintus bezieht; HUGUENIN stellt noch die Vermuthung auf, sie könnten vasomotorische Zellen sein.

Mit HENLE [3]) kehren wir wieder zu der genauen anatomischen Untersuchung zurück. Wie DEITERS, theilt auch er die grossen, sogenannten blasigen Zellen der Eminentiae bigeminae dem Ursprungskerne des Trochlearis zu. Er bemerkt, dass in diesem Kerne die Zellen die Eigenthümlichkeit zeigen, sich in Gruppen von 2 bis 5 anzuordnen, dass sie mit einem schmalen, hellen Saum umgeben, und ihre Fortsätze lang und Axencylindern ähnlich sind. Doch sei es ihm nie gelungen, von einer Zelle mehr als einen Fortsatz ausgehen zu sehen. Die Figur, welche HENLE seiner Beschreibung beigiebt, stellt deutlich dar, was mit Karmin gefärbte und mit Balsam aufgehellte Präparate zeigen (Fig. 272, S. 241). Aber von der gewissenhaften, anatomischen Genauigkeit entfernt sich KRAUSE [4]) wieder weit. Er rechnet zum Trochlearis die in der grauen Centralsubstanz der Eminentiae bigeminae zerstreuten multipolaren Zellen von mittlerer Grösse, und wo er vom Ursprunge des Quintus handelt, legt er besondere Bedeutung den grossen, kugeligen, zuerst von DEITERS

---

1) TH. MEYNERT, Studien über die Bestandtheile der Vierhügel u. s. w. Zeitschr. für wissensch. Zoologie, Bd. 17, S. 665, 1867. — Derselbe, Vom Gehirn der Säugethiere, in dem Handb. der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere, Leipzig 1871, S. 747—48.

2) G. HUGUENIN, Allgemeine Pathologie der Krankheiten des Nervensystems. I. Theil. Anatomische Einleitung. Zürich 1873, S. 263.

3) J. HENLE, Handbuch der systematischen Anatomie, 3. Bd., 2. Abth. Nervenlehre, S. 240. Braunschweig.

4) W. KRAUSE, Handbuch der Anatomie, 1876.

erkannten Zellen bei, macht sie zum oberen, sensitiven Kerne des Quintus und behauptet, sie besässen zwei Fortsätze und seien bipolar. Von diesen beiden Fortsätzen sei der dünnere der Axencylinderfortsatz, der dickere der protoplasmatische. Von dem zweiten giebt er das Breiten- und Dickenmaass an, bemerkt seine Richtung, seine gabeligen Theilungen und behaupet, ihn auf weite Strecken verfolgt zu haben. Dagegen bemerkt er in Bezug auf den ersten, wegen seiner Feinheit (?) und wegen seiner Richtungswechsel unter rechten Winkeln sei er sehr schwer zu verfolgen. Auf jeden Fall, versichert er, wende sich der Fortsatz nach innen, nach dem Ursprungspunkte der sensitiven Wurzel des Trigeminus.

In dieser, wenn auch unvollständigen, Uebersicht darf auch SCHWALBE[1]) nicht vergessen werden, welcher in seinem speciellen Lehrbuch der Neurologie mit grosser Ausführlichkeit den Streit über das Bündel von Nervenfasern behandelt, welches zwischen den Eminentiae bigeminae bogenförmig von innen nach vorn verläuft, um zu dem Schlusse zu gelangen, dass es dem Quintus angehöre und das bilde, was er die absteigende Wurzel des Quintus nennt. Dem Charakter der blasigen Zellen widmet er übrigens nur folgende Worte: »Längs dem ganzen Verlaufe der absteigenden Wurzel des Quintus liegen zerstreut, vorwiegend im mittleren Theile, selten an den Seiten, Gruppen von besonderen Ganglienzellen, dadurch ausgezeichnet, dass der Körper der meisten von ihnen ovale Gestalt hat (blasige Ganglienzellen), und dass sie nur zwei Fortsätze besitzen, welche von entgegengesetzten Punkten ausgehen.«

Unter den Specialarbeiten, welche diesen Gegenstand betreffen, sollten die von STIEDA[2]) und DUVAL[3]) besonders genau beachtet und analysirt werden. Aber da ich beabsichtige, dies in einer, nothwendiger Weise von Abbildungen begleiteten Arbeit zu thun, so bemerke ich hier nur über ihre Beschreibung, dass sie sich nicht ernstlich bemüht haben, die wahre Gestalt und die Beziehungen dieser Zellen zu erkennen. STIEDA sagt, die Zellen des Kernes des Patheticus (von welchem er auch die kleine Wurzel des Trigeminus herleitet) zeichneten sich durch ihre ovale oder elliptische Gestalt und durch das Vorhandensein eines oder zweier ziemlich kurzer Fortsätze aus. DUVAL versichert, die Zellen des Kernes des Patheticus zeigten die bekannten Charaktere der den Bewegungskernen eigenen Elemente; »sie sind multipolar . . . . dagegen zeigen die längs dem Verlauf der (absteigenden) Wurzel des Trigeminus verstreuten Zellen überall convexe Umrisse, daher der Ausdruck »blasig«. Es scheint, fügt er hinzu, dass sie nur einen, verhältnissmässig dicken Fortsatz haben, der sich erst in einiger Entfernung von der Zelle verästelt.«

Aus dieser Darstellung geht hervor, dass wir über die besonderen Centralnervenzellen, welche vorwiegend, nicht ausschliesslich, der grauen Centralsubstanz der Eminentiae bigmeminae angehören, in Bezug auf ihre Beschaffenheit unter normalen Umständen nichts Genaues wissen. Obgleich sie seit langer Zeit bekannt sind, können wir behaupten, dass sowohl in morphologischer Hinsicht, als in betreff ihrer Beziehungen die vorhandenen Beschreibungen weit davon entfernt sind, dem zu entsprechen, was wir jetzt bei sorgfältiger Untersuchung an ihnen beobachten können. Vorzüglich ist es noch Niemandem gelungen, festzustellen, dass der einzige Fortsatz, mit welchem diese Zellen versehen sind, direct in den Axencylinder einer Nervenfaser übergeht.

Während ich in Bezug auf Grösse, Gestalt und Gesammtaussehen wiederholen muss, was Andere schon gesagt haben, und die hier besprochenen Elemente als rundliche, kugelige oder birnförmige Zellen mit scharfen Umrissen, mit einem Durchmesser von 60—80 μ versehene, Pigment je nach dem Alter des Thieres in verschiedener Menge enthaltende Zellen zu beschreiben habe, welche einen verhältnissmässig grossen Kern mit doppeltem Umriss und einen deutlichen Nucleolus enthalten u. s. w.; während ich, ebenso wie DEITERS, finde, dass diese Zellen wirklich in ihrem Gesammtaussehen auf überraschende Weise an die Nervenzellen der Cerebrospinalganglien (Gangl. interspinalia, Gasseri, glossopharyngeum) erinnern, so muss ich meinerseits besonders betonen, dass sie nach constanter Regel nur mit einem einzigen Fortsatze versehen, dass sie im strengsten Sinne monopolar sind (s. Fig. 1). Dieser einzige Fortsatz zeigt die Eigenschaften eines nervösen Fortsatzes: die protoplasmatischen Fortsätze fehlen ganz.

---

1) G. SCHWALBE, Lehrbuch der Neurologie, Erlangen 1881, S. 679.

2) LUDWIG STIEDA, Studien über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugethiere. Zeitschr. für wissensch. Zoologie, 1869. — Derselbe, Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere, ebenda Bd. 22, 1870.

3) MATHIAS DUVAL, Recherches sur l'origine réelle des nerfs craniens. Journ. de l'Anat. et de la Physiol., 1876, 77, 78, 79. (Pathétique, p. 451, 1878, und p. 492, 1879.)

Wenn dieser einzige Fortsatz schon durch die Art seines Abgangs von dem Zellkörper, durch sein Aussehen und durch die Art seines Verlaufs sich deutlich als nervöser Fortsatz zu erkennen giebt, so wird dieser sein Charakter bis zur vollkommenen Gewissheit durch die Bekleidung mit Myelin bewiesen, womit er sich in geringer Entfernung von seinem Ursprunge überzieht.

Dieser Beweis gelingt ungewöhnlich leicht auch an den mittelst der gewöhnlichen Verfahrungsweisen hergestellten Präparaten, wodurch man die Zerfaserung der Elemente zu bewirken sucht. Zu diesem Zwecke habe ich mich vorzugsweise des Alkohols zu $^1/_4$ (Alkohol von 60^0 1 Theil, Wasser 3 Theile) bedient: 2-, 3-, 4-, 5-tägige Eintauchung in diese Flüssigkeit; Schütteln der Gewebsstückchen im Probirglase mit normaler, leicht mit Pikrokarmin gefärbter Chlornatriumlösung; Hinzufügen einer geringen Menge von Glycerin zu dem mittelst der Pipette aufgenommenen und auf den Objectträger gebrachten Sediment; Auflegung des Deckgläschens nach mehrstündiger Verdampfung. Wenn die Gewebsstückchen von passenden Stellen entnommen sind, findet man oft in einem einzigen so zubereiteten Präparate zahlreiche Exemplare gut isolirter Zellen im besten Erhaltungszustand; der Fortsatz ist von überraschender Länge, bisweilen nackt, bisweilen auf mehr oder weniger lange Strecken mit Myelin überzogen.

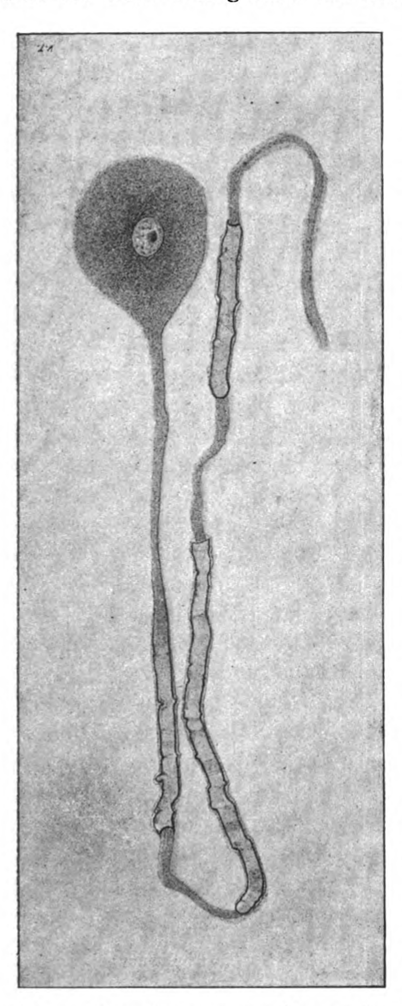


Fig. 1. Normale, monopolare Nervenzelle. Von der Basis der hinteren Eminentiae bigeminae des Kaninchens.

Ich muss jedoch bemerken, dass ich dergleichen Präparate (mit leichtem Nachweis der Myelinbekleidung des einzigen Fortsatzes der kugeligen Zellen) viel leichter und häufiger bei Thieren während des Verlaufes der Rabiesinfection erhalten habe. Dies lässt sich, glaube ich, dadurch erklären, dass in Folge des besonderen, pathologischen Zustandes die Fortsätze vieler Zellen diffus oder streckenweis geschwollen erscheinen (s. Fig 2), wodurch sehr wahrscheinlich eine engere Verbindung zwischem diesem Fortsatze und dem in dem Myelin enthaltenen Neurokeratinstroma entsteht.

Bei der seltsamen Aehnlichkeit dieser monopolaren Zellen mit den Zellen der Cerebrospinalganglien kann man nicht umhin, sich auch zu fragen, ob sie ausser dem Gesammtaussehen und der Monopolarität auch die andere, für die Spinalganglien nicht weniger charakteristische Eigenschaft besitzen, nämlich eine pericelluläre Hülle zum Schutz und zur Abgrenzung gegen die benachbarten Theile. Bei der Unmöglichkeit, auf diese Frage eine bestimmt bejahende oder verneinende Antwort zu geben, halte ich es für zweckmässig (um mich streng nur an Gesehenes zu halten, das ich jederzeit nachweisen kann), in mehr indirecter Weise hier den Ausspruch zu wiederholen, mit welchem ich eine andere, eigenthümliche Alteration angedeutet habe, welcher diese Zellen in Folge der Rabiesinfection unterliegen, und die zu meiner oben erwähnten Mittheilung über die pathologische Anatomie der experimentellen Rabies Veranlassung gegeben haben. »Eine andere Abänderung«, sagte ich dort [1]), »von welcher diese Zellen betroffen werden, wie es die vorgelegten Präparate und Abbildungen beweisen, wird durch die Bildung einer peripherischen Zone des Zellkörpers dargestellt, von homogenem Aussehen, welche bisweilen deutliche Kerne, bisweilen kleine, sich intensiv färbende Körnchenhaufen enthält. Zur Erklärung dieser Alteration beschränke ich mich auf die Bemerkung, dass sie wahrscheinlich der Ausdruck der pathologischen Verstärkung einer Erscheinung ist, welche unter normalen Verhältnissen so wenig hervortritt, dass sie der Aufmerksamkeit entgeht, nämlich des Vorhandenseins

1) Rendiconto della Soc. Med.-chir. di Pavia in der „Gazz. medica di Pavia“, No. 8, Anno 1.

einer dünnen pericellulären Hülle an einigen dieser Zellen. Aber auch über diesen Punkt behalte ich mir weitere Untersuchungen vor.«

Ueber diesen Gegenstand habe ich auch jetzt wenig hinzuzufügen. Im Allgemeinen erscheinen die Zellkörper in Zerzupfungspräparaten nackt; aber ich glaube jedenfalls, sagen zu können, dass man bei einer gewissen Zahl derselben, sowohl an Zupf- als an Schnittpräparaten nach Karminfärbung, einen oder zwei mit einer äusserst zarten Aureole umgebene Kerne, platt und eng an der Oberfläche anliegend, oder an den Rändern leichte Vorsprünge bildend, beobachtet. Um das Vorhandensein einer pericellulären Hülle an einem Theile dieser Zellen als constante Thatsache behaupten zu können, wären deutlichere und beständigere Befunde wünschenswerth gewesen; aber deswegen, glaube ich, besonders gegenüber dem angegebenen pathologischen Befunde, den ich mit einer grossen Zahl von Präparaten belegen kann, verdient der soeben erwähnte normale Befund in Bezug auf das Vorhandensein oder das Fehlen einer pericellulären Hülle nicht weniger Beachtung (Fig. 2).

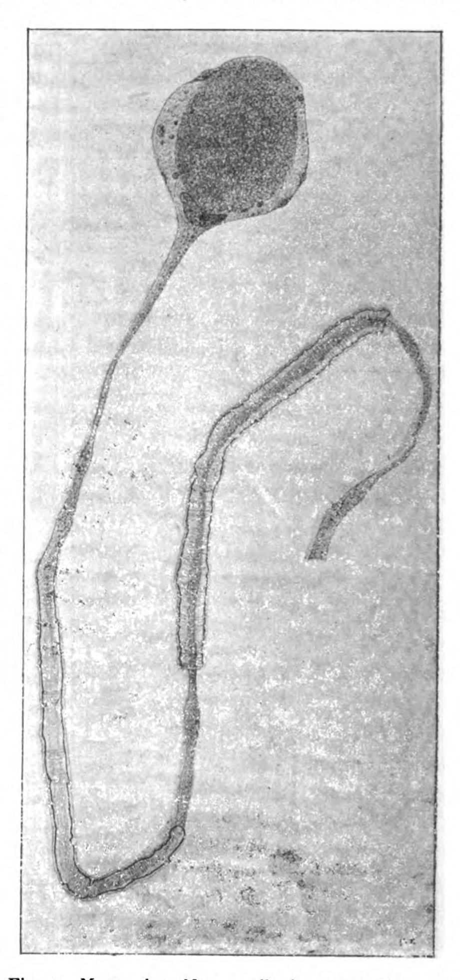


Fig. 2. Monopolare Nervenzelle in pathol. Zustande (homogene peripherische Zone mit Kernen und Chromatinkörperchen; grobkörniger Charakter der Zellsubstanz; Verschiebung des Kernes an den Ursprung des einzigen Fortsatzes; nervöse Faser; körniger Zustand und umschriebene oder diffuse Anschwellungen derselben). Aus den Emin. bigeminae post. eines in Folge von Rabiesinfection gestorbenen Kaninchens.

In der Absicht, den Gesammtcharakter, die Beziehungen und vorzüglich das Verhalten des einzigen Fortsatzes kennen zu lernen, habe ich natürlich nicht versäumt, auch die Anwendung meiner Schwarzfärbungsmethoden zu versuchen. Ja in der Meinung, zur Feststellung dieser Beziehungen sei die Anwendung jener Methoden durchaus unentbehrlich, habe ich von ihnen reichlichen und dauernden Gebrauch gemacht und alle Abänderungen angebracht, welche ich zum Gelingen für geeignet halten konnte. Leider haben die hier erhaltenen Resultate meiner Erwartung nicht entsprochen; die monopolaren, hier beschriebenen Zellen haben sich gegen die Schwarzfärbung ausserordentlich unempfindlich gezeigt, so dass sie sich auch in diesem Punkte den Spinalganglien ähnlich verhielten! Nur in sehr wenigen Fällen und immer an vereinzelten Zellindividuen erhielt ich positive Resultate, und daher kömmt es, dass ich mich bis jetzt nicht entschliessen konnte, die auch auf andere Weise erhaltenen Resultate zu veröffentlichen, obgleich ich sie für interessant genug hielt. Bessere Erfolge erzielte ich mit den Fasern, welche von diesen Zellen ausgehen.

Jedenfalls bildet auch das Wenige, was ich durch die Schwarzfärbung erreicht habe, nach meiner Meinung einen sehr interessanten Beitrag zu dem Studium der Fragen, auf welche ich die Aufmerksamkeit der Anatomen hinlenken wollte. Und vor allem glaube ich bemerken zu sollen, dass ich in den wenigen Fällen, wo ich die Schwarzfärbung der Zellkörper und ihres Fortsatzes erreichen konnte, ausser der Feststellung des monopolaren Charakters auch noch nachweisen konnte, dass dieser einzige Fortsatz sich nach innen wendet, um sich mit einem Bündel zu vereinigen, dessen Ursprung aus den Eminentiae bigeminae, und dessen Eintritt in das Velum medullare, aus welchem bekanntlich der Patheticus entspringt, ich mittelst der Methode von Weigert direct habe nachweisen können. In der That ist dies ziemlich häufig nicht die anfängliche Richtung des Fortsatzes, aber er nimmt sie bald an, nachdem er, je nach seiner Austrittsstelle aus dem Zellkörper und der Lage des letzteren, eine mehr oder weniger deutliche Krümmung beschrieben hat.

Aber eine andere Erscheinung, welcher ich in Bezug auf die Deutung der morphologischen Thatsachen grosse Bedeutung zuschreiben muss, hat an den Präparaten mit Schwarzfärbung meine Aufmerksamkeit in Anspruch genommen. Es handelt sich um die Abgabe von seitlichen Fibrillen, welche der nervöse Fortsatz der kugeligen Zellen auf seinem Verlaufe zum Austritt aus der grauen Substanz aussendet. Diese Fibrillen sind äusserst fein, wenig zahlreich, gehen in der Regel in rechten Winkeln ab, theilen sich in geringer Entfernung von ihrem Ursprung und verlieren sich in der umgebenden grauen Substanz. Ich brauche nicht zu sagen, dass nach meiner Meinung diesem Befunde dieselbe Bedeutung zukömmt, die ich schon der gleichen, von mir an den Nervenfasern im Allgemeinen und besonders an dem nervösen Fortsatze der Bewegungszellen des Rückenmarks nachgewiesenen Eigenthümlichkeit zugeschrieben habe.

Die angegebene Aehnlichkeit der Kugelzellen der Eminentiae bigeminae mit den Nervenzellen der Spinalganglien regt eine andere Frage an: nämlich die, ob der einzige Fortsatz dieser Zellen sich vielleicht ebenso verhält, wie der einzige Fortsatz der Zellen der Cerebro-spinalganglien, ob er sich also in zwei Aeste mit entgegengesetzter Bestimmung theilt. Die von mir über das Vorkommen dieses Verhaltens angestellten Beobachtungen haben ein negatives Resultat ergeben. Damit schliesse ich natürlich nicht aus, dass fernere Untersuchungen an Präparaten mit mehr verbreiteter Reaction besseren Erfolg haben könnten.

Endlich wurde an den Schnittpräparaten, mochten sie mit den gewöhnlichen Mitteln, oder nach der Methode von Weigert angefertigt sein, meine Aufmerksamkeit noch auf eine andere Besonderheit gelenkt, und zwar auf die eigenthümlichen Beziehungen, welche die monopolaren Zellen zu den Blutgefässen zeigen. Man sieht nämlich die Zellkörper (so dass sie gewissermaassen an den bekannten Befund von Fritzsch an einer Gruppe grosser Nervenzellen der Medulla oblongata des Lophius piscatorius erinnern) von einem Capillarnetze dicht umhüllt, welches von dem der benachbarten Theile ungewöhnlich verschieden ist. Gewiss findet man Nichts dergleichen an den grossen Zellen, weder dieser, noch anderer Gegenden des Centralnervensystems. Ich führe die Thatsache an, ohne mich für jetzt bei der Betrachtung aufzuhalten, was wohl ihre Bedeutung sein könne.

II.

Der zweite Punkt, auf welchen ich die Aufmerksamkeit der Collegen lenken wollte, betrifft die functionelle Bedeutung der grossen, monopolaren Zellen der Eminentiae bigeminae in Beziehung auf ihr peripherisches Verhalten, als Ursprungselemente von Nervenfasern, welche einem bestimmten Nerven zugehören.

Aus der vorhergehenden Darstellung folgt, dass in dieser Beziehung die Frage jetzt klargestellt ist, denn sie beschränkt sich auf die Entscheidung, ob diese Zellen die Ursprungscentren von Fasern des Quintus, der sogenannten absteigenden Wurzel desselben, oder ob ihre Fasern bestimmt sind, den Patheticus zu bilden.

Wie ich in den historischen Bemerkungen über das bis jetzt in Bezug auf die sogenannten blasigen Zellen Gesagte geglaubt habe, die Ansicht von Deiters vertreten zu müssen, so werde ich, was den zweiten der von mir behandelten Punkte betrifft — die Bestimmung der Fasern, welche von jenen Zellen entspringen —, von Stilling [1]) ausgehen müssen, dem ersten unter den Anatomen, welcher, den Lauf der Nervenfasern verfolgend, den wirklichen Ursprung der Nerven innerhalb der sogenannten Kerne der grauen Substanz aufsuchte. Wir sehen, dass Stilling zuerst mit überraschender Genauigkeit die Zone von grauer Substanz zwischen den Eminentiae bigeminae als die Ursprungsstelle des Patheticus bezeichnet (obgleich er dann von demselben Kerne auch eine Wurzel des Quintus herkommen lässt), während dagegen Meynert schon im Jahre 1861 im Widerspruche gegen Stilling entschieden behauptete, die blasigen Zellen gehörten zum Quintus, und den Patheticus von den multipolaren Zellen ableitete, welche in der mehr nach innen gelegenen grauen Substanz der Eminentiae bigeminae und unterhalb des Aquaeductus Sylvii zerstreut liegen.

1) Stilling, Disquisitiones de structura et functionibus cerebri. Jenae 1846.

Auf diese Frage werde ich in einer besonderen, mehr analytischen und auf bessere Belege gestützten Arbeit zurückkommen müssen, und ich will nur erwähnen, dass sich zu Gunsten der ersten der beiden genannten Meinungen die grosse Mehrheit der Anatomen erklärt hat; es genügt, zu sagen, dass auf MEYNERT's Seite KRAUSE, HUGUENIN, MERKEL[1]), DUVAL[2]), SCHWALBE[3]) und TOLD[4]) stehen. Zu Gunsten der zweiten Ansicht sprechen DEITERS, HENLE und STIEDA; und während die ersten, MEYNERT folgend, mit ihren Behauptungen sehr sicher auftreten, so sprechen die zweiten mit Vorbehalt, ohne zu erwähnen, dass Einige von ihnen annehmen, derselbe graue Kern könne die gemeinschaftliche Ursprungsstelle sowohl für eine von den Wurzeln des Quintus, als für die des Patheticus bilden.

Da ich behauptet habe, dass die monopolaren Zellen, von denen ich die genaueste Beschreibung geliefert habe (wobei ich auch den directen Beweis lieferte, dass ihr einziger Fortsatz in geringer Entfernung von seinem Ursprunge ohne weiteres zum Axencylinder einer Nervenfaser wird), die Ausgangselemente sind, aus denen der Patheticus entspringt, so beschränkt sich meine Aufgabe jetzt einfach darauf:

1) durch neue Untersuchungen den Beweis zu liefern, dass der einzige Fortsatz der genannten Zellen unmittelbar in das bekannte, charakteristische Bündel übergeht, welches von der äussersten hinteren, unteren und inneren Grenze der hinteren Eminentiae bigeminae an, allmählich dünner werdend, sich in der Grenzzone der vorderen und hinteren Eminentiae bigeminae, oder auch jenseits dieser Zone, zwischen den vorderen Eminentiae bigeminae verliert;

2) dass die Fasern dieses Bündels am hinteren Ende der Eminentiae bigeminae posteriores sich nicht nach unten biegen, um die sogenannte absteigende Wurzel des Quintus zu bilden, sondern eine plötzliche Krümmung mit Convexität nach aussen machen und in das Velum medullare eintreten.

Ich beschränke mich hier darauf, unter die Resultate der von mir mittelst der verschiedenen, schon angegebenen Methoden (Reihenschnitte, mit Karmin oder nach WEIGERT's Methode behandelt, Schwarzfärbung mit den verschiedenen Abänderungen, mit welchen, um die Resultate zu modificiren, meine Methoden angewendet werden müssen) gemachten Untersuchungen eine zusammenfassende Uebersicht zu geben.

Die Beweise, dass der einzige Fortsatz der monopolaren Zellen direct von den Eminentiae bigeminae superiores (anteriores) zu dem hinteren, inneren Ende der Eminentiae bigeminae inferiores (posteriores) in bogenförmigem Verlauf zu einem Theil des herabsteigenden Nervenbündels wird, wurden mir vorzüglich durch die Schwarzfärbung geliefert. Obgleich sich die monopolaren Zellen, wie schon gesagt wurde, besonders unempfindlich für diese Färbung erwiesen, so sind die erhaltenen Resultate, wenn auch wenig zahlreich, doch hinreichend gewesen, um erkennen zu lassen, dass der einzige Fortsatz der fraglichen Zellen entweder unmittelbar, oder nach einer mehr oder weniger launenhaften Windung, je nach der Lage der Zellkörper, nach innen läuft und an der Bildung des genannten bogenförmigen Bündels Theil nimmt, oder umgekehrt, dass dieses Bündel wesentlich durch die Fortsätze der monopolaren Zellen gebildet wird. Die wenigen, mit der Schwarzfärbung erhaltenen Resultate waren doch hinreichend, um die auch schon genannte Eigenthümlichkeit in Bezug auf die Nervenfasern (nervösen Fortsätze) dieses Bündels erkennen zu lassen, nämlich die der Aussendung sehr feiner und wenig zahlreicher Seitenfibrillen, welche sich in der umgebenden grauen Substanz verlieren.

Ferner hat mir die Methode von WEIGERT besonders bei den von hinten nach vorn in der Horizontalebene der Eminentiae bigeminae (welche dem Boden des vierten Ventrikels parallel ist) geführten Schnitten gute Dienste geleistet zur deutlichen Darlegung der mittelst einer deutlichen Krümmung mit Convexität nach aussen zu Stande kommenden unmittelbaren Fortsetzung der Elemente des genannten Bündels bis in das Velum medullare, oder umgekehrt der Fortsetzung der Nervenfasern der VIEUSSENS'schen Klappe (wo der N. quartus entspringt) eine grosse Strecke weit — und mit sichergestellter Continuität — bis in das gekrümmte

1) MERKEL, Die trophische Wurzel des Trigeminus. Unters. d. Anat. Inst. zu Rostock, 1874, und Centralblatt 1874, S. 902.
2) L. c.
3) L. c.
4) C. TOLD, Lehrbuch der Gewebslehre, 3. Aufl. 1888, S. 266—67.

Bündel, dessen Ursprung und Bildung, dem ersten Auftreten der monopolaren Zellen entsprechend, im Bereich der Eminentiae bigeminae anteriores beginnt. Wenn man das Verhalten dieses Bündels an Reihenschnitten untersucht, so ist es nicht schwer, sich zu überzeugen, dass es in seinem Verlaufe von vorn nach hinten allmählich eine eigene Individualität gewinnt und zugleich sich von den Fasern entfernt, welche man der absteigenden Wurzel des Quintus zurechnen kann.

Noch eine andere Erscheinung ist für diese Frage von directer Bedeutung, nämlich dass in den mit Karmin oder nach WEIGERT's Methode behandelten Reihenschnitten diese monopolaren Zellen nicht nur in Gruppen zu 2, 3, 4, 5 längs dem Verlaufe des Bündels zerstreut liegen und in der Nähe des Austrittes des Patheticus eine bedeutende Anhäufung bilden, sondern man kann auch einige immer nach aussen von den Eminentiae bigeminae an das austretende Bündel angeschmiegt oder auch in der Nähe der tiefen Bündel des Velum medullare posterius finden. Da es in dieser Beziehung offenbar ist, dass die Fortsätze dieser isolirten Zellen sich mit den die VIEUSSENS'sche Klappe bildenden Fasern verbinden, so kann man einen sichereren Beweis für die unmittelbare Theilnahme der monopolaren Zellen an der Bildung des Patheticus kaum erbringen.

Endlich glaube ich meinerseits einen, in diesem Falle indirecten Werth noch einem anderen Entscheidungsgrunde beilegen zu müssen, nämlich dem, welcher den Typus der centralen Nervenzellen betrifft, zu welchen nach meinen Untersuchungen die grossen monopolaren Zellen gestellt werden können. Gestützt auf die Resultate meiner Studien über die Centralnervenzellen im Allgemeinen und im Besonderen auf die dem Rückenmark angehörenden, habe ich behaupten können, »die motorischen Nervenzellen ständen mit den Nervenfasern in directer, nicht isolirter Verbindung«. Nun wohl, aus dem, was ich über das Verhalten der monopolaren Nervenzellen gesagt habe, folgt, dass sie ganz dem Typus der motorischen Zellen entsprechen: in der That stehen sie mit den aus den Centren austretenden Fasern zwar in directer, aber nicht isolirter Verbindung, denn die oben von mir beschriebenen Seitenfibrillen sind offenbar dazu bestimmt, collaterale Verbindungen herzustellen.

Ich halte es nicht für überflüssig, zu bemerken, dass ich nach dieser Darstellung durchaus nicht behaupten will, alle monopolaren Zellen hätten jene Bestimmung. Ich glaube jetzt um so weniger diese Frage erörtern zu sollen, da ich, in der Ueberzeugung, dass die specifische Function der Centralzellen nicht eine diesen Zellen selbst innewohnende Eigenschaft, sondern ihren peripherischen Beziehungen untergeordnete ist, — abgesehen von den Resultaten fernerer, specieller Untersuchungen — nicht nur die Möglichkeit einer anderen Bestimmung a priori nicht ausschliessen kann, sondern sogar geneigt bin, anzunehmen, dass eine andere Bestimmung und andere Beziehungen wirklich vorhanden sind. Was die Bildung der Klappe von VIEUSSENS betrifft, so muss ich natürlich annehmen, dass ihre Fasern eine andere Herkunft haben.

III.

Die Frage allgemeiner Art, welche auf dem Titel dieser Arbeit erwähnt wird, ist nicht streng mit der Frage über den Ursprung des Patheticus verbunden. Sie könnte sogar aufgeworfen werden, welches auch die functionelle Bestimmung des nervösen Fortsatzes der hier besonders betrachteten monopolaren Zellen sein möge. Die Frage, welche ich jetzt aufwerfen möchte, bezieht sich auf das sichere Vorhandensein einer Art von Zellen in den nervösen Centralorganen, welche einen einzigen Fortsatz besitzen, der nur als Nervenfaserfortsatz charakterisirt werden kann, und mit Protoplasmafortsätzen nicht versehen sind.

Wenn man in früherer Zeit, auf Beobachtungen gestützt, die nach den gewöhnlichen Methoden angestellt waren, das Vorhandensein von Nervenzellen, die keinen nervösen und nur protoplasmatische Fortsätze besässen, annehmen konnte und wirklich in grossem Maassstabe angenommen hat (DEITERS, GERLACH, BOLL u. s. w.), so wurde nach der Anwendung der Methode der Schwarzfärbung die Erkennung des nervösen Fort-

satzes zu etwas ganz Gewöhnlichem [1]), und sein Vorhandensein konnte auch an solchen Zellen nachgewiesen werden, denen sie von DEITERS, GERLACH, BOLL u. s. w. abgesprochen worden waren. In Folge dieser Bestätigung habe ich geglaubt behaupten zu können, »man müsse als Centralnervenzellen diejenigen betrachten, welche mit einem besonderen, immer nur einmal vorhandenen Fortsatze versehen sind, bestimmt, sich mit einer oder mehreren Nervenfasern in Verbindung zu setzen«. Wie ich, um die nervöse Natur der Centralzellen zu charakterisiren, das Vorhandensein des nervösen Fortsatzes für unentbehrlich hielt, so bezweifelte ich auch nicht, dass man an diesen centralen Nervenzellen (die Nervenzellen der Cerebro-spinalganglien kennt man bekanntlich seit langer Zeit als mono- oder bipolar) auch die Gegenwart der sogenannten protoplasmatischen Fortsätze für constant halten müsse. Daher schloss der allgemeine Typus der centralen Nervenzellen bis jetzt — ohne Ausnahme — das Vorhandensein beider Arten von Fortsätzen, des protoplasmatischen und nervösen, ein [2]). Aber da treten unter den Elementen, welche wenigstens ihrer Lage nach unzweifelhaft zu den Nervencentren gehören, Zellen auf, welche classische Nervenzellen darstellen und doch der Protoplasmafortsätze entbehren! Man kann sich daher nicht wundern, dass die Erscheinung so ungewöhnlicher Centralnervenzellen, welche seltsamer Weise keine protoplasmatischen Fortsätze besitzen, eine besondere Betrachtung zu verdienen scheint.

Es ist gewiss nicht nöthig, dass ich die Geschichte der verschiedenen Ansichten wiederhole, welche über die Protoplasmafortsätze vorgebracht worden sind. Ich will nur daran erinnern, dass ich, nachdem die von den alten Anatomen und Physiologen zur Erklärung der functionellen Verbindungen unter den Nervenzellen allgemein angenommenen Anastomosen als anatomisch unbegründet nachgewiesen waren, als man das von GERLACH und Anderen beschriebene, durch feinste Zertheilung der Protoplasmafortsätze entstandene Netz, welches in Ermangelung der Anastomosen die functionelle Verbindung vermitteln sollte, als nicht vorhanden erkannt hatte, da die directe Theilnahme der Protoplasmafortsätze an der Bildung der Nervenfasern ausgeschlossen war, geglaubt habe, die functionelle Bedeutung dieser Fortsätze in der Ernährung der Nervenzellen suchen zu müssen. Niemand hat bis jetzt meine Beweise als unbegründet oder die von mir angeführten Thatsachen als unrichtig nachgewiesen. Trotzdem hat sich gegen die von mir aufrecht erhaltene Ansicht jetzt lebhafter Widerspruch erhoben, welcher nach meinem Urtheil mehr auf theoretischen Meinungen, als auf nachgewiesenen, neuen Thatsachen beruht.

In Bezug auf die specifische Function der centralen Nervenelemente und auf die Art des Zustandekommens der Beziehungen zwischen nervösen Zellen und Fasern möchte man jetzt die protosplasmatischen und die nervösen Fortsätze einander gleichstellen. Aber da die Thatsachen oft in allzu deutlichem Widerspruche mit der Lehre stehen, so trägt man kein Bedenken, jene dieser anzupassen, und behauptet in dieser Hinsicht, »die Unterscheidung der Fortsätze eines Nervenelements in protoplasmatische und Axencylinderfortsätze lasse sich nicht aufrecht erhalten, weil unter gewissen Umständen ein protoplasmatischer Fortsatz den Charakter eines nervösen annehmen könne«. Noch genauer besteht man auf der Behauptung, »gewisse Nervenfasern seien nichts anderes, als Protoplasmafortsätze, welche, wegen ihrer ungeheuren Länge, die morphologischen Charaktere von Axencylinderfortsätzen angenommen und sich ausserdem mit der schützenden Myelinscheide umgeben hätten« (VAN GEHUCHTEN).

Die synthetische Formel dieser neuen Ideen verdankt man RAMON Y CAJAL, welcher sie unter dem Namen einer Theorie der polarischen Dynamisation der Nervenelemente ausgesprochen hat. Nach dieser Theorie sollen die protoplasmatischen Fortsätze Perceptions- oder Receptionsapparate sein, die Axencylinderfortsätze aber Applicationsapparate der nervösen Erregung. Durch die sensorischen Nerven-

1) In der That hat OBERSTEINER noch vor kurzem schreiben zu dürfen geglaubt, die Methoden GOLGI's, vermittelst der Schwarzfärbung, erlaubten nicht, den nervösen Fortsatz mit Sicherheit zu erkennen. Dies beweist nur, dass es OBERSTEINER noch nicht gelungen ist, gute Präparate zu erhalten.

2) Gegen meine Behauptung, die centralen Nervenzellen seien — wenigstens in der Regel — mit einem einzigen nervösen Fortsatze versehen, haben RAMON Y CAJAL, KOELLIKER und VAN GEHUCHTEN neuerlich directe Beobachtungen ins Feld geführt, um das Vorhandensein (als constante Thatsache an bestimmten Oertlichkeiten der Hirnrinde) von Zellen nachzuweisen, welche mit zwei, drei und selbst vier nervösen Fortsätzen versehen sind. Ueber diesen Punkt stehen meine Resultate noch immer in entschiedenem Widerspruche gegen die der genannten Autoren.

fasern, mit centripetaler Leitung, werde der von der Peripherie kommende Reiz durch Contactwirkung auf die Protoplasmafortsätze übertragen (und in diesem Sinne seien diese Fortsätze Aufnahmeapparate); diese leiteten den Reiz auf die Zellkörper fort, und von diesen werde der Reiz durch den nervösen Fortsatz auf die pheripherischen Theile fortgepflanzt oder angewendet. Mit anderen Worten: die Richtung des Nervenstromes soll bei allen Arten von Nervenzellen nicht mehr von dem Axencylinderfortsatz zur Zelle gehen, sondern gerade umgekehrt: von dem Protoplasmafortsatze zur Zelle, und von dieser zum nervösen Fortsatze und zur Peripherie. In Uebereinstimmung mit dieser Lehre fordert auch VAN GEHUCHTEN dazu auf, für die Fortsätze der Nervenzellen eine Eintheilung anzunehmen, welche beruht »auf der Richtung, nach welcher die Leitung des Nervenreizes stattfindet«, und genau zwischen cellulipetaler und cellulifugaler Leitung zu unterscheiden.

Ueber diese neuen Ideen, welche in der Art, die Bedeutung der verschiedenen, der Nervenzelle zugehörigen Theile zu betrachten, eine Revolution anstiften möchten, werde ich nur eine kurze Bemerkung machen: ich erkenne an, dass es auch für die anatomischen Studien nicht nur zweckmässig, ja sogar nothwendig ist, dass der Forscher, wenn eine Reihe von wohlbegründeten Thatsachen gefunden ist, sie synthetisch betrachtet, mit anderen zusammenstellt und versucht, Gesetze und theoretische Ideen von allgemeiner Bedeutung aufzustellen; aber unerlässliche Grundbedingung muss es dabei sein, dass die ausgesprochenen Gesetze und Theorien sich in Uebereinstimmung mit den Thatsachen befinden und aus denselben hervorgehen. So finde ich es auch richtig, nicht nur dass gewisse, experimentell nachgewiesene physiologische Gesetze, sondern auch manche speculative Ideen dazu veranlassen können, der anatomischen Untersuchung eine gewisse Richtung zu geben, welche darauf ausgeht, das mögliche Vorhandensein von Thatsachen zu untersuchen, welche der Theorie als Stütze dienen könnten, wenn nur die Thatsachen dann so dargestellt werden, wie sie wirklich sind. Aber wenn ich sehe, dass man auf gerade umgekehrte Weise eine Theorie aufstellt, um ihr dann die Thatsachen anzupassen; wenn ich beobachte, dass man zum Besten der Theorie sogar schon bewiesene Thatsachen ändert, die man mit geringer Mühe bestätigen könnte; wenn ich, wie es eben mit der Theorie von der dynamischen Polarisation der Fall ist, unter anderem finde (um ein einzelnes Beispiel anzuführen), dass man die Gegenwart der Neurogliazellen an Stellen leugnet, wo die einfachste Untersuchung diese Elemente in ungewöhnlicher Menge nachweist, oder dass man behauptet, die typischsten Axencylinder von Nervenfasern seien nur Protoplasmafortsätze von ausnahmsweiser Länge, wobei man an diesen Axencylindern sogar die morphologischen Charaktere von Protoplasmafortsätzen finden will; und wenn dies nur geschieht, weil nach der Theorie die Axencylinderfortsätze, nur mit cellulifugaler Leitungsfähigkeit begabt, keine Aufnahmeapparate darstellen könnten, während man jenen Nervenfasern, weil sie sensorisch seien, nicht eine Leitungsfähigkeit in umgekehrter Richtung zuschreiben könne: wenn ich, sage ich, mich einem solchen Verfahren gegenüber befinde, dann muss ich bei der Achtung, die ich den Methoden und Grundsätzen der Erfahrungswissenschaft schuldig bin, mich fragen, ob es sich hier wirklich um Anatomie oder nur um Phantasie handelt.

Indem ich die Discussion auf den einzelnen, hier von mir in Betracht gezogenen Punkt beschränke, kann ich nicht umhin, zu bemerken, dass die besonderen Zellen, von denen ich oben eine Abbildung gegeben habe (Fig. 1), und deren charakteristische Eigenschaft in dem Fehlen der protoplasmatischen Fortsätze besteht (ihr einziger Fortsatz zeigt die classischen Eigenthümlichkeiten der nervösen Fortsätze), in Bezug auf die Theorie der dynamischen Polarisation ein wirkliches Fragezeichen bilden. Denn wenn die für die Theorie nöthigen Aufnahmeapparate fehlen, so begreift man nicht, wie durch diese Zellen der Kreis der cellulipetalen und cellulifugalen Ströme zu Stande kommen soll. Es ist unnöthig zu sagen, dass der diese besondere Art von Zellen [1]) betreffende Einwurf die Theorie durchaus beeinträchtigen würde, welche sich doch auf die Centralnervenzellen im Allgemeinen bezieht.

Aber in Beziehung auf die Nervenzellen im Allgemeinen glaube ich noch eine andere Thatsache

1) Die angegebene Analogie, vielleicht auch Homologie dieser Zellen mit denen der Cerebrospinalganglien schliesst natürlich nicht aus, dass sie nach den Umständen, unter denen sie sich bei den höheren Wirbelthieren finden, in strengstem Sinne zu den centralen Nervenzellen gehören.

berücksichtigen zu müssen, um die angenommene Contiguitäts-, nicht Continuitätswirkung zwischen den Applicationsfasern und den Zellkörpern und ihren Fortsätzen, besonders den protoplasmatischen annehmen zu können, nämlich das Vorhandensein einer feinen Bekleidung, wahrscheinlich aus Neurokeratin bestehend, von netzartiger Form, oder eine fortlaufende Schicht bildend, welche nicht nur die Zellkörper, sondern auch ihre Fortsätze angeht, und auf die ich schon vor längerer Zeit die Aufmerksamkeit gelenkt habe.

Ich habe zuerst in dem diffusen Nervennetze, über welches ich eine Reihe von Arbeiten ausgeführt habe, die feinsten und engsten Beziehungen beschrieben und bekannt gemacht, welche bis jetzt zwischen Nervenfasern und Zellen beobachtet worden sind; daher könnte sich Niemand mehr berechtigt fühlen, als ich, die oben erwähnten Contiguitätsbeziehungen anzunehmen. Aber das Vorhandensein jener Bekleidung, welche, wenn sie wirklich aus Neurokeratin besteht, eine isolirende Wirkung ausüben müsste, bildet für mich ein anderes, sehr bedeutendes Hinderniss gegen die Annahme der angeblichen Nervenströme durch Contiguität.

Frommannsche Buchdruckerei (Hermann Pohle) in Jena. — 1173

UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN FEINEREN BAU

DES

CENTRALEN UND PERIPHERISCHEN NERVENSYSTEMS

VON

CAMILLO GOLGI
PROFESSOR DER ALLGEMEINEN PATHOLOGIE UND HISTOLOGIE AN DER KÖNIGL. UNIVERSITÄT PAVIA.

AUS DEM ITALIENISCHEN ÜBERSETZT VON DR. R. TEUSCHER.

ATLAS.

JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

Tafel 1.

Fig. 1 (HARTNACK, Ocul. 3, Obj. 8). Verschiedene Formen von Neurogliazellen aus dem Gross- und Kleinhirn.

a Neurogliazelle aus der oberflächlichen Schicht der Rindensubstanz des Grosshirns.

b Neurogliazelle aus den tiefen Schichten der Grosshirnrinde von einem zweimonatlichen Kinde. Das Protoplasma und die stärksten Fortsätze sind voll von Fetttröpfchen.

c Neurogliazelle aus der körnigen Schicht des Grosshirns (erwachsener Mann). Im Protoplasma befinden sich Pigmentkörnchen.

d Neurogliazelle mit verlängertem Kerne aus der äusseren Grenze der Körnerschicht. In der grauen Schicht findet man dieser sehr ähnliche Zellformen.

e Neurogliazelle mit rundlichem Kerne aus der grauen Schicht des Grosshirns. Gleiche Formen findet man in grosser Zahl auch an der äusseren Grenze der Körnerschicht, sowie in dem tiefen Theile der Grosshirnrinde.

f Abgeplattete Neurogliazelle von der Oberfläche des Kleinhirns. (Vom Ochsen.)

Fig. 2 (Ocul. 3, Obj. 8). Verticalschnitt durch die Rindensubstanz des Grosshirns. Man sieht die Neurogliaelemente deutlicher, als in gewöhnlichen Fällen, weil das Präparat, von dem die Zeichnung herrührt, dem Grosshirn einer mehr als 90-jährigen Frau entnommen wurde.

Fig. 3 (Ocul. 3, Obj. 8). Stück eines Schnittes durch die Medullarsubstanz des Grosshirns, parallel mit den Nervenfasern. (Vom Ochsen.)

Fig. 4 (Ocul. 3, Obj. 7). Horizontalschnitt durch die Rindensubstanz des Grosshirns, in Osmiumsäure gehärtet. (19 Tage altes Kind).

a Horizontal durchschnittenes Blutgefäss.

b Mit mehreren fadenförmigen Fortsätzen versehene Neurogliazellen.

c Von den Zellen b ausgehende Neurogliafäden, welche sich an die Wand des Gefässes *a* ansetzen.

Fig. 5 (Ocul. 3, Obj. 8). Verschiedene Formen von Neurogliazellen des Rückenmarks.

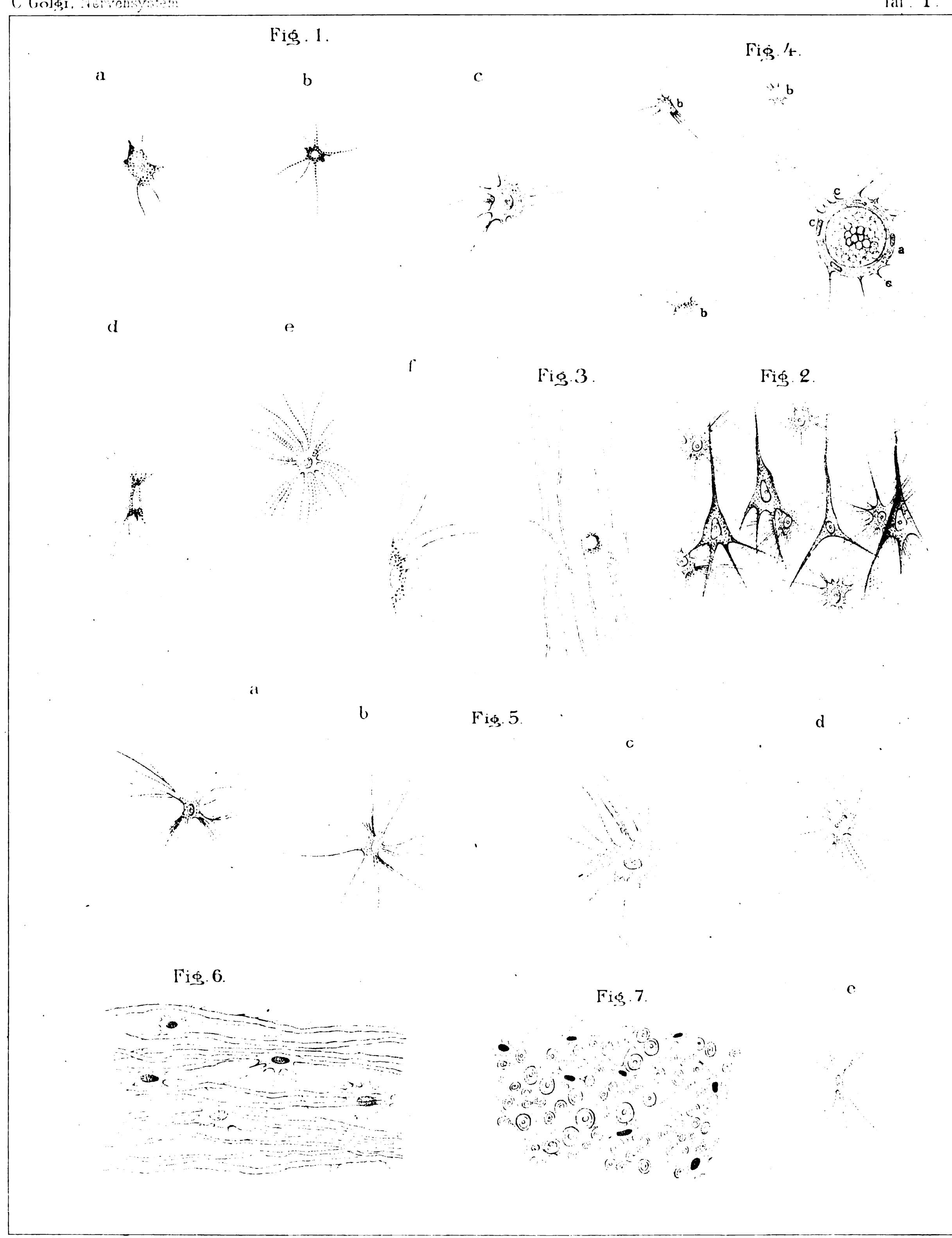
a b Neurogliazellen mit sehr langen, fadenförmigen Fortsätzen aus den Strängen der weissen Substanz (tiefer Theil).

c Grosse, zu einer feinen Lamelle abgeplattete Neurogliazelle mit ziemlich langen, zum Theil auch abgeplatteten Fortsätzen. (Die Zelle, welcher diese Zeichnung entnommen wurde, war 35 μ breit.)

d e Neurogliazellen aus der grauen Substanz. Aehnliche Formen findet man sowohl in der sogenannten gelatinösen Substanz von ROLANDO, als in der Gewebszone, welche das Epithel des Centralkanals unmittelbar umgiebt (gelatinöse Substanz von STILLING).

Fig. 6 (Ocul. 3, Obj. 8). Stück eines Längsschnittes durch die Stränge der weissen Substanz (tiefer Theil). Zwischen den Nervenfasern, und an diese unmittelbar angelehnt, sieht man mehrere abgeplattete Neurogliazellen, deren Fortsätze nach allen Richtungen zwischen die Nervenfasern eindringen, an deren Scheide sie sich anlehnen.

Fig. 7 (Ocul. 3, Obj. 8). Querschnitt durch die weisse Substanz. Die Neurogliazellen, welche zwischen den querdurchschnittenen Nervenfasern liegen, zeigen sich grösstentheils von der Seite, oder schräg. An mehreren Stellen sind die Fasern herausgetreten; aber es bleiben nicht die regelmässigen, ihnen entsprechenden Räume übrig, weil die Fortsätze der Bindegewebszellen an Schnitten durch nicht stark gehärtete Stücke sich zu verschieben streben.


Fig. 1.
a
b
c
d
e
f
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.
a
b
c
Fig. 5.
a
b
c
d
e
Fig. 6.
Fig. 7.

Tafel 2.

Die einzelnen, auf dieser Tafel dargestellten Elemente sind Punkt für Punkt mit der grössten Genauigkeit mit Hülfe der Camera clara von Oberhäuser gezeichnet worden.

Die Zeichnung stellt halbschematisch bei ungefähr 250-maliger Vergrösserung ein Stück aus einem Verticalschnitt durch den Riechkolben des Hundes dar. Die drei verschiedenen Schichten des Organs sind durch die an der Seite stehenden Buchstaben *A*, *B*, *C* bezeichnet.

A bezeichnet die oberflächliche Schicht des Bulbus, die der peripherischen Nervenfasern. Sie besteht wesentlich aus nervösen Faserbündeln, welche aus der Schleimhaut kommen. Diese Bündel kreuzen sich, laufen zu den Glomerulis, in welche sie eindringen (bei *a*, *a*, *a*), und theilen sich in feine Zweige. Mitten unter diesen Bündeln sieht man auch ein Blutgefäss, welches senkrecht nach innen mehrere Aeste abschickt.

B bezeichnet die mittlere Schicht, die der grauen Substanz. An ihrer peripherischen Grenze liegen die Glomeruli olfactorii, an ihrer inneren Grenze die grossen Nervenzellen, in einer Reihe. Der wesentlich nervöse Fortsatz (*b*, *b*, *b*) (Axencylinderfortsatz) dieser Zellen ist ausnahmslos nach den inneren Schichten des Bulbus gewendet; die protoplasmatischen Fortsätze (*b'*, *b'*, *b'*) gehen dagegen zu den Glomerulis, in welche sie eindringen und in denen sie sich auf complicirte Weise verzweigen. Diese Verzweigung ist in der Zeichnung nur an einem der Fortsätze (*b''*) dargestellt.

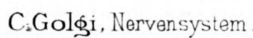
Gegen die Mitte der Schicht *B* sind auch zwei grosse, vereinzelte, spindelförmige Nervenzellen dargestellt, deren blau gefärbter nervöser Fortsatz, sich verzweigend, in die Schicht der Nervenfasern hinabsteigt.

In der Umgebung der Glomeruli sieht man einige kleine Nervenzellen. Ihre nach den Glomerulis gewendeten Fortsätze sehen aus wie protoplasmatisch, während der einzige nach entgegengesetzter Richtung gehende (der blaugefärbte) den Charakter eines nervösen Fortsatzes hat.

C bezeichnet die innere Schicht, die der aus dem Tractus hervorkommenden Nervenfasern. In den von den sich kreuzenden Fasern leer gelassenen Räumen liegen die kleinen Elemente von vorwiegend pyramidaler Gestalt und wahrscheinlich nervöser Natur. In der Mitte der Schicht sieht man auch hier zwei als nervös gut charakterisirte Zellen, sowohl durch ihre Form und Grösse, als durch die Gegenwart eines Fortsatzes (blaugefärbt), welcher offenbar dem Typus der nervösen Fortsätze angehört. Die aus den Verzweigungen dieses Fortsatzes entstehenden Fibrillen vereinigen sich mit den aus dem Tractus kommenden Bündeln.

Die complicirten Verzweigungen der Nervenfasern sind in der Zeichnung weggelassen, damit sie nicht zu verwickelt würde; die Art des Verlaufs und der Verzweigung dieser Fasern kann übrigens annähernd an der Peripherie der Schicht *C* wahrgenommen werden. Hier geben einige dieser Fasern Bündel ab, verzweigen sich auf complicirte Weise und überschreiten in gewundenem Verlaufe die Grenze der weissen Substanz; dann dringen sie in die graue Substanz, welche sie ebenfalls durchziehen, und man kann viele davon als feinste Fäserchen bis in die Glomeruli verfolgen.

Das Stroma der Neurogliazellen ist der Menge und den Beziehungen zu den Gefässen nach der Wahrheit so treu als möglich nur in den tiefen Theilen der Schicht *C* abgebildet, wo die strahligen Neurogliazellen ziemlich häufig zu sein pflegen. Was die anderen Theile betrifft, so sind sie nur in der Grenzzone zwischen der weissen und grauen Substanz, in den Glomerulis und in der Schicht der peripherischen Nervenfasern angegeben. (Sie sind roth gefärbt.)



A

B

C

C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch. Jena.

Tafel 3.

Fig. 1. Normale Neurogliazellen aus der Grosshirnrinde.

a, b Neurogliazellen aus der oberflächlichen Schicht.

c, d Dieselben aus den tiefen Schichten.

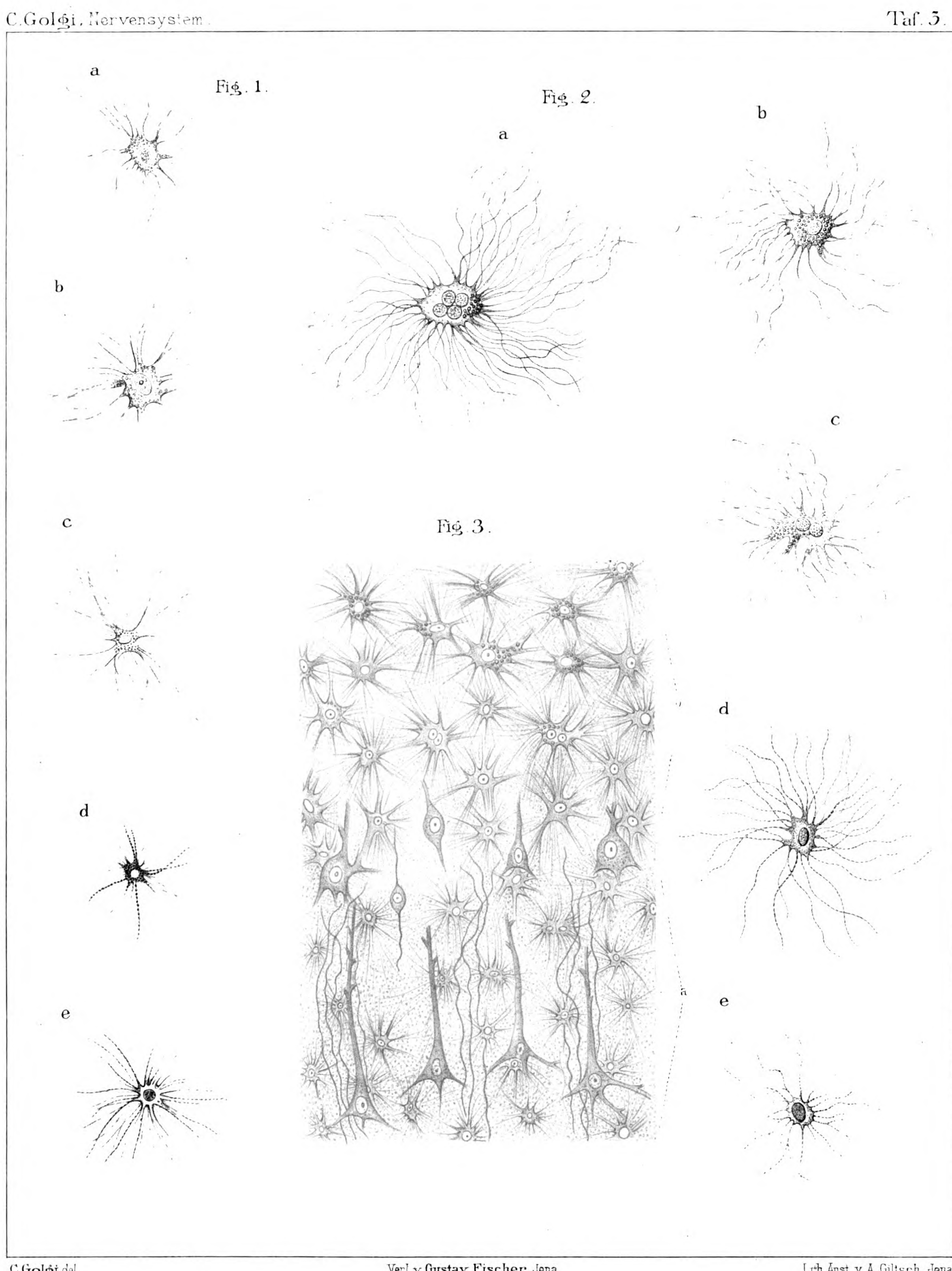
Fig. 2. Verschiedene Formen der Elemente des Gehirns der Grosshirnrinde. (Beobacht. 1.)

a, b, c Zellen aus den oberflächlichen Schichten.

c, d Zellen aus den tiefen Schichten, wo auch charakteristische Ganglienzellen vorkommen.

Fig. 3. Stück eines Verticalschnittes durch das Gehirn der Grosshirnrinde.

Der Schnitt wurde an einer Uebergangsstelle der grauen Substanz in das Gewebe des Gehirns gemacht. In der Tiefe (bei *a*) sieht man eine Reihe normaler Ganglienzellen und schwacher Bündel von divergirenden Nervenfasern. Beide gehören der sich entwickelnden Bindegewebsneubildung an. Weiter oben (bei *b*) besteht das Gewebe ganz aus Neurogliazellen mit zahlreichen Fortsätzen, welche für die nervösen Centralorgane charakteristisch sind. In der mittleren Zone sieht man Nervenzellen, welche von der normalen Form abweichen.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 4.

Fig. 1. Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Hundes, frisch in indifferenter Flüssigkeit beobachtet. *a* LANTERMANN's Einschnürungen mit den entsprechenden Faserbändern (den optischen Durchschnitten der Kreisfasern), auch frisch und ohne Anwendung von Reagentien vollkommen deutlich. *b* RANVIER's ringförmige Strictur.

Fig. 2. Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Kaninchens, mit der Osmium-Bichromatmischung und mit Silbernitrat behandelt. Färbung der Kreis- und Spiralfäden überall gelungen.

Fig. 3. Nervenfaser aus dem N. ischiadicus des Kaninchens; Behandlung wie bei der vorigen. Färbung der Spiralfäden (wie es am meisten geschieht) auf die Enden der Marksegmente beschränkt.

Fig. 4. Nervenfaser, wie oben, zuerst mit doppeltchromsaurem Kali, dann mit salpetersaurem Silber behandelt und dem Lichte ausgesetzt. Das Stützstroma der Markscheide erscheint in der Gestalt von Trichtern, worin der faserige Bau ebenfalls sichtbar ist, obgleich er weniger hervortritt, als bei der Osmium-Bichromatmischung.

Fig. 5. Nervenfaser aus dem Rückenmark des Kalbes, mit Osmiumsäure behandelt. Längs ihrem Verlauf sieht man mit einer Deutlichkeit, welche nur unter gewissen Umständen eintritt, die ich nicht bestimmen kann, mehrere deutliche Einschnürungen, entsprechend denen von LANTERMANN in den peripherischen Fasern. Längs derselben Faser, am deutlichsten an den Einschnürungen, weniger deutlich an den übrigen Stellen, sieht man ein ununterbrochenes System von sehr feinen Querfasern (den optischen Durchschnitt von Ringfasern), welche offenbar auf die im Innern der Markscheide verborgenen und nur mit Hülfe bestimmter Reagentien darstellbaren Trichterformen zurückzuführen sind.

Fig. 6. Stück einer Nervenfaser aus dem Rückenmarke, mit Osmiumsäure behandelt, längs deren Verlaufe man mit hinreichender Deutlichkeit die innerhalb der Markscheide kreisförmig verlaufenden Fibrillen sieht.

Die Figuren 5 und 6 sind hier nur zur Vervollständigung derjenigen hinzugefügt, welche die Arbeit von REZZONICO begleiten.

Fig. 1. *a* Nervenfaser aus einem Präparate, welches mit Bichromat und Silbernitrat behandelt worden war und die Ringe und Manschetten zeigt (HARTNACK, Ocul. 3, Objectiv 8).

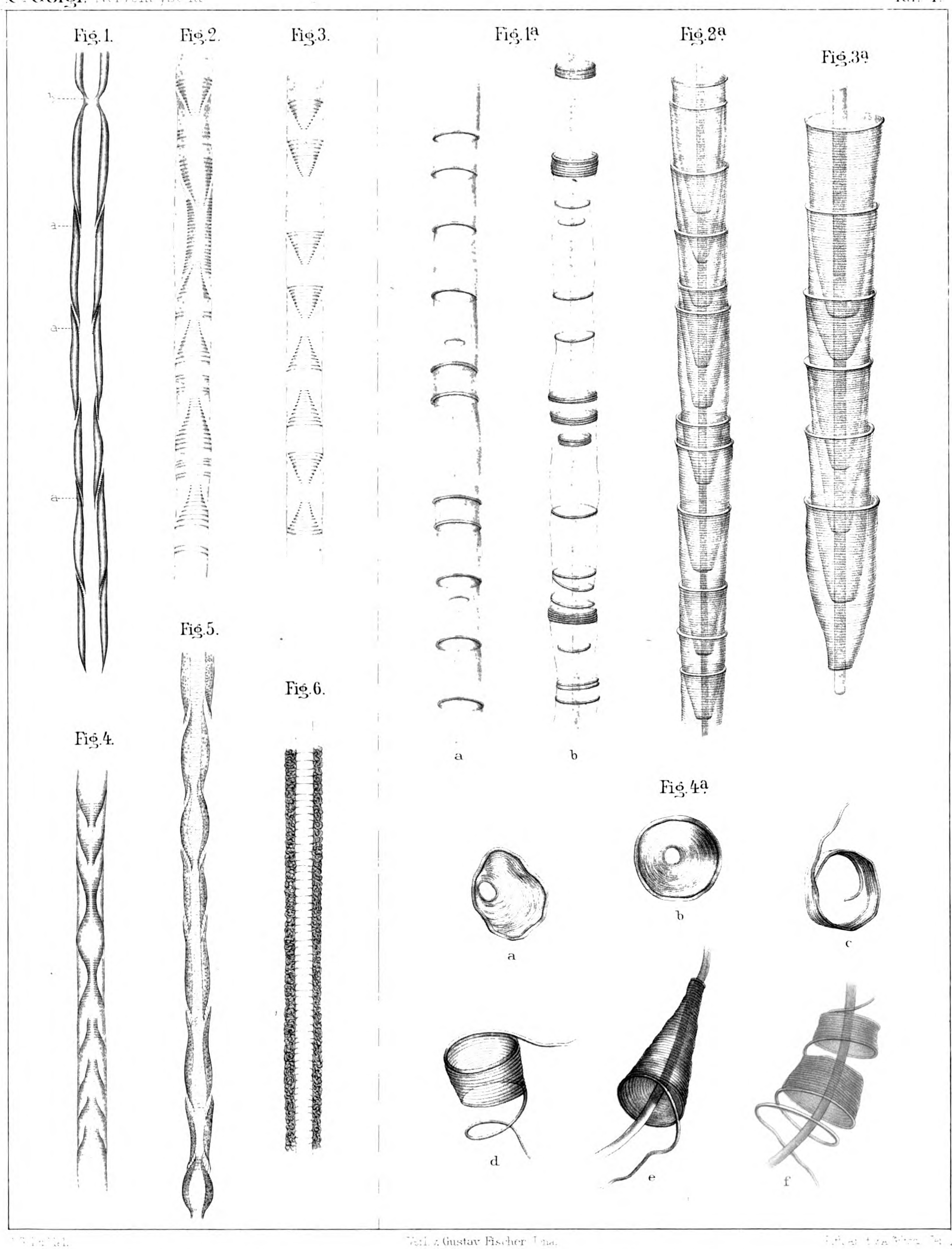
b Nervenfaser aus einem nach einander mit Osmiumsäure, Bichromat und Silbernitrat behandelten Präparate (Ocul. 3, Obj. 8 von HARTNACK).

Fig. 2. Nervenfaser, in welcher durch die secundäre, gelbe Imprägnation die zuerst durch die Markscheide verborgenen Trichterformen sichtbar geworden sind (Ocul. 3, Obj. 8, HARTNACK).

Fig. 3. Nervenfaser wie oben, gezeichnet nach einer Vergrösserung durch ein GUNDLACH'sches Immersionssystem (Ocul. 3, Obj. 7).

Fig. 4. *a*, *b* Isolirte Trichter, von vorn gesehen.

c, *d*, *e*, *f* Dieselben, von der Seite gesehen, zum Theil zerrissen und auseinandergezogen. Vergrösserung wie oben.



Verl. v. Gustav Fischer Jena.

Zu Abhandlung VII.   Zu Abhandlung VIII.

Tafel 5.

Einige Typen von Ganglienzellen, welche der Grosshirnrinde angehören.

Diese Tafel ist speciell dazu bestimmt, die Art des Ursprungs und die Verschiedenheiten im weiteren Verhalten des einzigen nervösen Fortsatzes im Einzelnen zu zeigen, mit welchem jede Nervenzelle versehen ist.

In diesen, wie in den anderen Abbildungen ist der nervöse Fortsatz roth dargestellt. Vergrösserung von ungefähr 150 Durchmessern [1]).

Fig. 1. Ganglienzelle, welche ungefähr dem mittleren Drittel der Rinde der vorderen centralen Windung angehört (Mensch). Der nervöse Fortsatz dieser Zelle giebt nur wenige secundäre Fibrillen ab und erhält sich bis in grosse Entfernung von seinem Ursprung als gut individualisirter Faden. Diese Zelle gehört also zu den ersten beiden von mir unterschiedenen Typen.

Fig. 2. Ganglienzelle aus derselben Windung, ungefähr in derselben Höhe liegend, wie die vorige, deren nervöser Fortsatz in nicht grosser Entfernung von seinem Ursprunge zu einem sehr feinen Faden wird und sich dann in zwei zarte Fibrillen theilt, welche bestimmt scheinen, sich in dem diffusen Netze zu verlieren.

Fig. 3. Grosse Ganglienzelle aus der mittleren Schicht (gegen die obere Grenze) der Rinde der oberen Hinterhauptswindung (Mensch). Ihr nervöser Fortsatz, den man ein gutes Stück weit bis in die Medullarschicht verfolgen konnte, gab nur wenige Seitenfasern ab. Auch diese Zelle würde also zu dem ersten der von mir angenommenen beiden Typen gehören.

Fig. 4. Ganglienzelle aus der oberflächlichen Schicht (dem oberen Drittel) der vorderen Centralwindung (Mensch). Von dem nervösen Fortsatze gehen wenige Fasern aus.

Fig. 5. Ganglienzelle aus der oberflächlichen Schicht der vorderen Centralwindung (ungefähr in derselben Höhe wie die in der vorigen Figur). Der nervöse Fortsatz sendet nur zwei seitliche Fasern aus; über seine weitere Bestimmung liess sich nichts sagen, denn der Hauptfaden verdünnte sich bald bis zu äusserster Feinheit.

Fig. 6. Ganglienzelle aus der Rinde der oberen Hinterhauptswindung des Menschen (aus dem tiefen Theile der oberen Schicht). Ihr nervöser Fortsatz verhielt sich, wie der in Fig. 3.

Fig. 7. Ganglienzelle, ebenfalls aus der Rinde der oberen Hinterhauptswindung des Menschen (tiefe Schicht). Gegen die gewöhnliche Regel trat ihr nervöser Fortsatz aus dem nach der Oberfläche der Windung gekehrten Theile des Körpers aus, zur Seite des dicken Protoplasmafortsatzes, welcher die Fortsetzung der Spitze der Pyramidengestalt darstellt. Nach langem Verlauf zerfiel der nervöse Fortsatz in viele Fäden, welche in das diffuse Netz eindrangen.

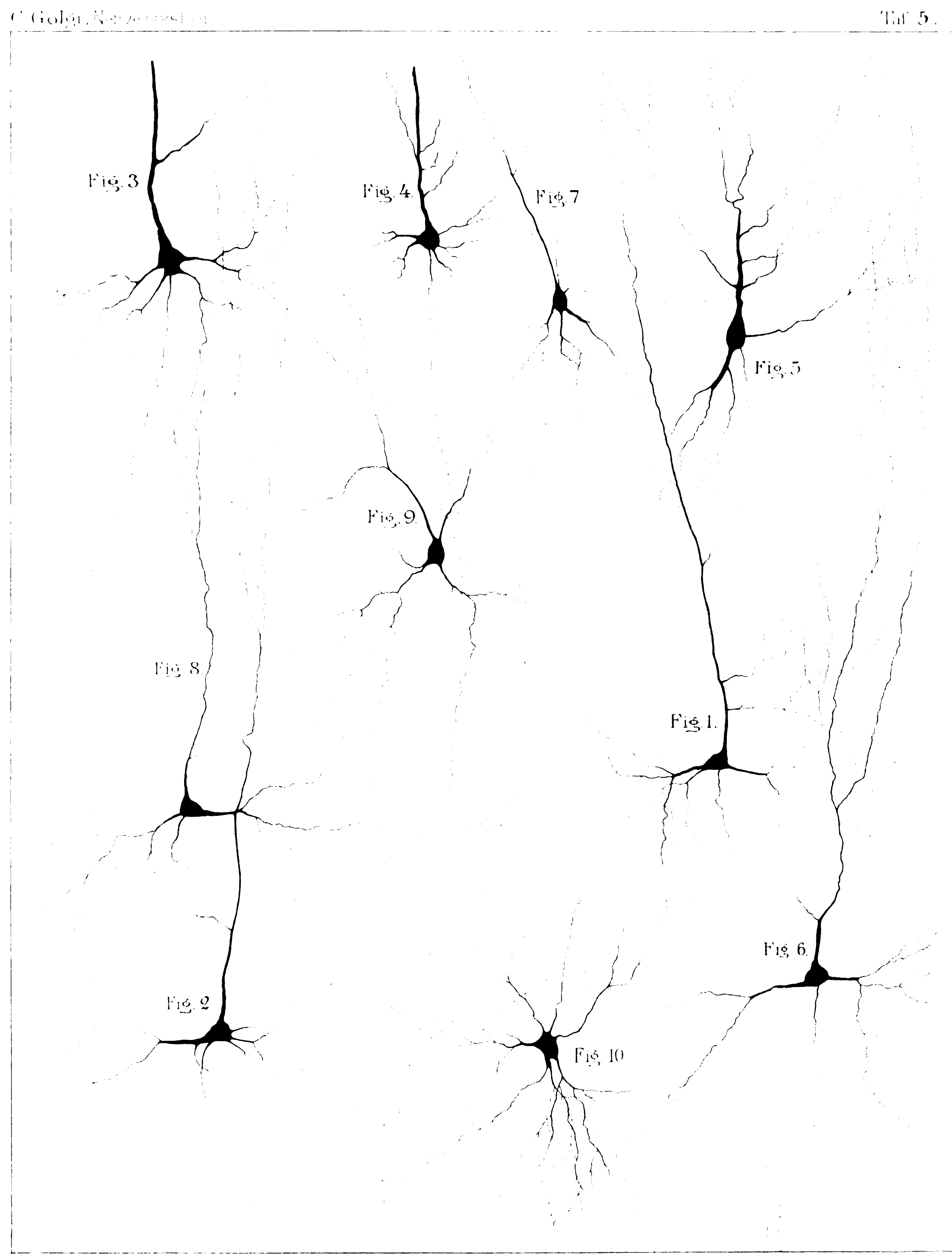
Fig. 8. Ganglienzelle aus der tiefen Zone (schon zwischen nervösen Faserbündeln) der Rinde der oberen Hinterhauptswindung. Ihr nervöser Fortsatz verfolgte einen sehr gewundenen Lauf, gab wenige Fasern ab und wurde sehr dünn; wahrscheinlich war er bestimmt, sich in dem diffusen Netze zu verlieren.

Fig. 9. Ganglienzelle aus der mittleren Schicht (dem tiefen Theil) der vorderen Centralwindung. Der nervöse Fortsatz ging von der Seite des Zellkörpers aus, oder vielmehr von der Wurzel eines Protoplasmafortsatzes, verlief ein Stück weit horizontal und zerfiel dann in viele feinste Fibrillen.

Fig. 10. Ganglienzelle aus einer Stirnwindung (im tiefen Drittel der Rinde), deren nervöser Fortsatz, aus der nach der freien Oberfläche des Körpers liegenden Seite entspringend, nach kurzem Verlauf in zahlreiche Fibrillen zerfiel, welche sich weitertheilten und nach allen Richtungen ausbreiteten.

---

1) Die Originalzeichnungen sind bei der durch Objektiv No. 5 und Ocular No. 3 hervorgebrachten Vergrösserung (bei eingezogenem Rohr) ausgeführt. Wegen der Raumersparniss mussten die lithographischen Darstellungen bedeutend verkleinert werden.



Verlag v. Gustav Fischer

Tafel 6.

Andere Typen von Ganglienzellen, welche verschiedenen Provinzen des Centralnervensystems angehören.

Auch diese Tafel ist speciell dazu bestimmt, im Einzelnen den Ursprung und die Unterschiede im weiteren Verhalten des nervösen Fortsatzes zu zeigen.

Fig. 1. Ganglienzelle, der oberen Schicht der Rinde der dritten Stirnwindung des Hundes angehörend. Der nervöse Fortsatz wird nach und nach dünner und löst sich in viele feine Fibrillen auf (zweiter Typus).

Fig. 2. Ganglienzelle, der oberen Schicht der Rinde der oberen Hinterhauptswindung des Hundes angehörend. Der nervöse Fortsatz verhält sich ungefähr wie in Fig. 1.

Fig. 3. Grosse Ganglienzelle aus der mittleren Schicht der vorderen Centralwindung des Menschen. Der nervöse Fortsatz giebt zwar viele secundäre Fasern ab, bleibt aber als deutlicher Faden bis in die Medullarschicht erhalten.

Fig. 4. Ganglienzelle aus der tiefen Schicht einer Stirnwindung des Menschen. Auch an dieser Zelle sendet der nervöse Fortsatz zwar viele secundäre Fasern aus, erhält sich aber bis in grosse Entfernung als wohlindividualisirter Faden.

Fig. 5. Nervenzelle aus der oberflächlichen grauen Schicht der Eminentia bigemina anterior der Katze. Der nervöse Fortsatz geht von einer Seite der Zelle aus und zerfällt schnell in eine unzählige Menge feiner Fasern, welche sich weitertheilen und vorzugsweise nach der freien Oberfläche der Eminentia bigemina verlaufen.

Fig. 6. Ganglienzelle aus den Hinterhörnern des Rückenmarks der Katze. Ihr nervöser Fortsatz zerfällt in eine grosse Zahl feiner Fasern, welche nach den verschiedensten Richtungen laufen und sich ihrerseits in unzählige Fibrillen von unmessbarer Feinheit theilen.

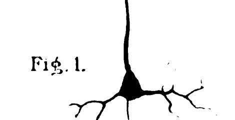


Fig. 1.



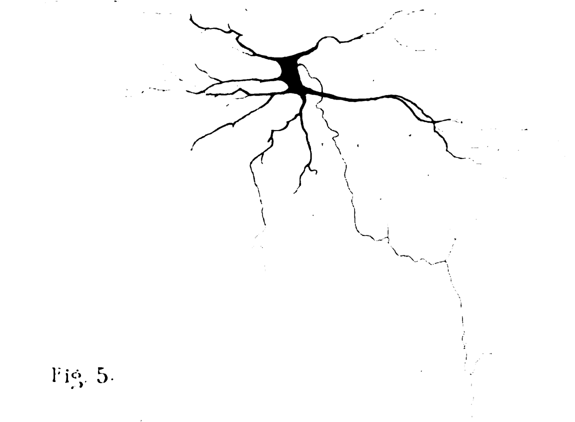


Fig. 6.

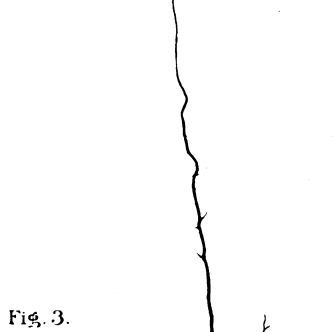


Fig. 3.

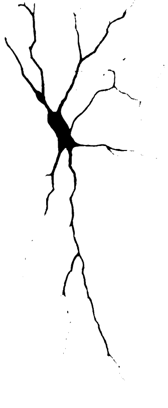


Fig. 5.





Fig. 4.

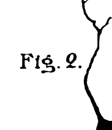


Fig. 2.

Tafel 7.

Verticalschnitt durch die Rinde der vorderen Centralwindung des Menschen.

Der Schnitt betrifft eine Stelle, welche ungefähr 2,5 cm von der grossen Längsspalte des Gehirns entfernt lag.

a Oberflächliche Neurogliaschicht.

Das Bindegewebsstroma der darunter liegenden Schichten ist weggelassen, um die Zeichnung zu vereinfachen.

In derselben Absicht, die Zeichnung nicht zu sehr zu compliciren, sind die nervösen Fortsätze, mit denen alle Ganglienzellen versehen sind, nur schwach angedeutet.

1 Erste oder oberflächliche Schicht.

Ziemlich kleine, in der grossen Mehrzahl pyramidale Ganglienzellen. Neben diesen finden sich auch kuglige Zellen. Alle besitzen zahlreiche Fortsätze.

2 Zweite oder mittlere Schicht.

Vorwiegend mittelgrosse Ganglienzellen, aber es fehlt auch an grossen nicht, und diese werden nach dem unteren Theile der Schicht zu allmählich zahlreicher. Auch in dieser zweiten Schicht liegen fast ausschliesslich Pyramidenzellen.

3 Dritte oder tiefe Schicht.

Ganglienzellen von verschiedener Gestalt; man sieht in grosser Mehrzahl Zellen, welche man spindelförmig nennen könnte.

Tafel 8.

Verticalschnitt durch die Rinde der oberen Hinterhauptswindung vom Menschen.

Die Zeichnung bezieht sich auf eine Stelle des hinteren, oberen Endes dieser Windung.

a Oberflächliche Bindegewebsschicht.

In Bezug auf das Bindegewebsstroma und auf die Ganglienzellen gelten auch für diese Tafel die der Erklärung von Tafel 7 beigefügten Bemerkungen.

1 Erste oder oberflächliche Schicht.

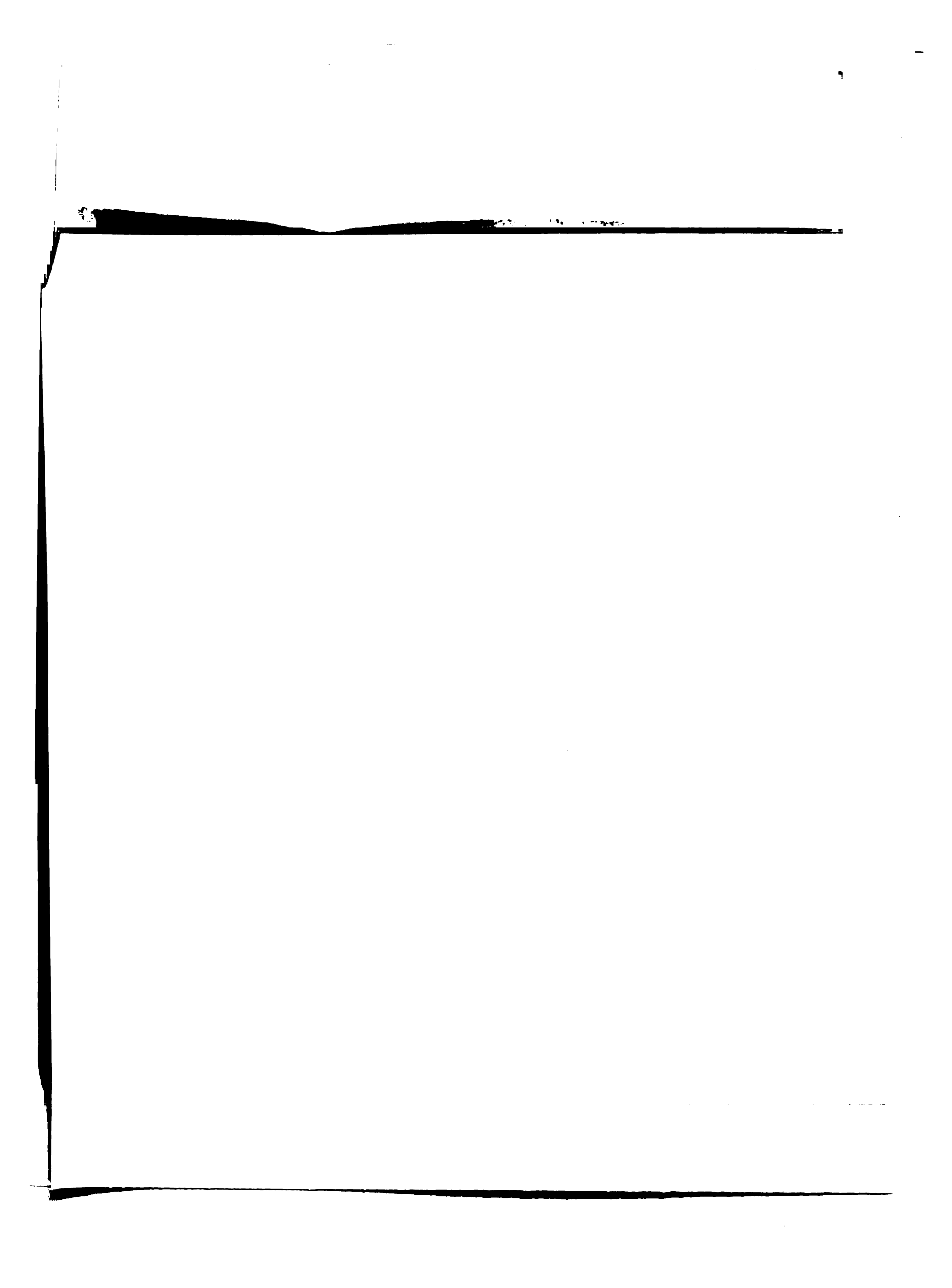
Ziemlich kleine, der grossen Mehrzahl nach pyramidale Ganglienzellen; zugleich finden sich einige runde Formen.

2 Zweite oder mittlere Schicht.

Vorwiegend mittelgrosse Ganglienzellen, aber auch hier fehlt es nicht an grossen, welche, wie in der entsprechenden Schicht der vorderen Centralwindung, beim Uebergang zur dritten Schicht allmählich zunehmen.

3 Dritte oder tiefe Schicht.

Ganglienzellen von verschiedener Gestalt (pyramidal, kugelig, spindelförmig), mit Vorwiegen von Spindel- und kleinen Pyramidenzellen.

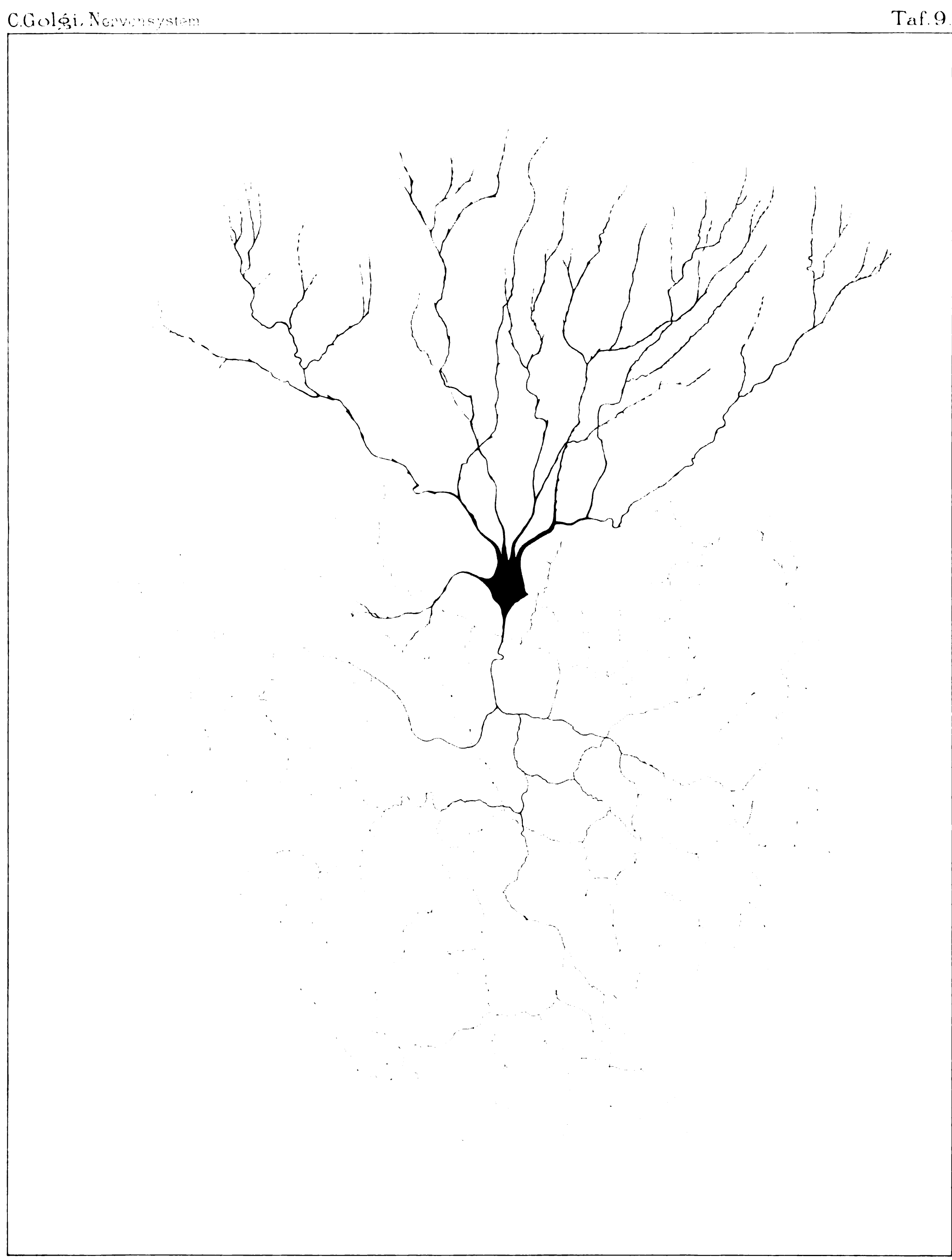


Tafel 9.

Ganglienzelle aus dem Kleinhirn der neugeborenen Katze.

Diese Zellen machen einen Theil der Körnerschicht aus, und wenn die Schwarzfärbung gut gelungen ist, kann man sie bei der Katze und dem Kaninchen in ziemlich grosser Menge sehen. Die Verzweigungen der protoplasmatischen (schwarzen) Fortsätze erreichen grossentheils die obere Grenze der Molecularschicht. Der nervöse Fortsatz (roth) bringt durch seine fortgesetzten, immer feineren Theilungen ein höchst complicirtes Geflecht hervor, welches sich in verticaler Richtung von der einen Grenze der Körnerschicht bis zur anderen erstreckt und in der Breitenrichtung sich mit dem Geflechte vermischt, welches durch die Zertheilung der Fortsätze anderer, benachbarter, derselben Kategorie angehörender Zellen entsteht (s. Tafel 12).

Diese Zelle würde eines der auffallendsten Beispiele derjenigen darstellen, welche im Texte als Zellen des zweiten Typus beschrieben worden sind. In Bezug auf das Kleinhirn wäre diese Zelle der auf Tafel 10 abgebildeten gegenüberzustellen (Zelle von Purkinje), welche das auffallendste Beispiel einer Zelle des ersten Typus abgiebt.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 10.

Grosse Ganglienzelle aus dem menschlichen Kleinhirn (Zelle von Purkinje).

Die Verzweigungen der protoplasmatischen Fortsätze (schwarz) fahren fort sich zu theilen und gelangen in sehr grosser Zahl bis an die äusserste, peripherische Grenze der Molecularschicht, wo ihre Endigung oft durch eine leichte Anschwellung oder eine kleine Verbreiterung bezeichnet wird.

Der nervöse Fortsatz, obschon er eine gute Zahl von secundären Fäden abgiebt, behauptet seine Individualität und kann in der Gestalt eines deutlichen, gleich dick bleibenden Fadens (s. Tafel 11) bis zu seinem Eintritt in die Schicht der Nervenfasern (Markstrahlen) verfolgt werden. Die nervösen Fibrillen, welche von diesem Fortsatze ausgehen, zeigen eine gewisse Neigung, nach oben, nach der Molecularschicht zu, zu verlaufen.

Diese Zelle kann als eines der auffallendsten Beispiele derjenigen gelten, welche im Texte als Zellen des ersten Typus beschrieben werden. In Bezug auf das Kleinhirn wäre sie, ausser den kleinen Zellen der Molecularschicht (s. Tafel 3, *a*), der auf Tafel 9 abgebildeten gegenüberzustellen, welche, wie gesagt, eine der auffallendsten Zellen vom zweiten Typus bildet. (Man sehe auch die Fig. 5 und 6 auf Tafel 6.)



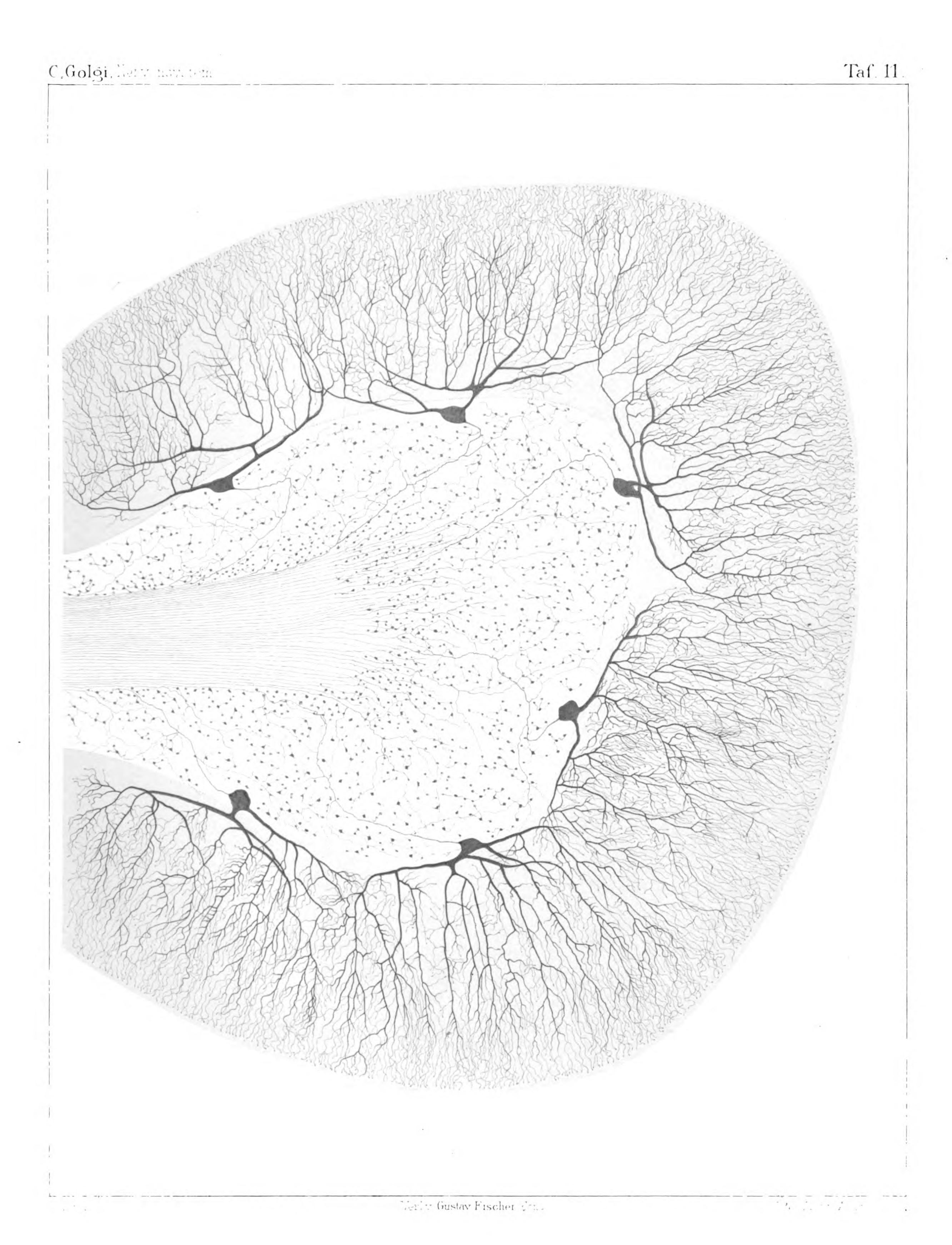
Tafel 11.

Stück eines Verticalschnittes durch eine Kleinhirnwindung des Menschen.

Die Figur ist speciell dazu bestimmt, die Lage, die Gestalt, die Verzweigungsgesetze, die Anordnung und die gegenseitigen Beziehungen zwischen den Nervenfasern und den grossen (Purkinje'schen) Ganglienzellen zu zeigen, welche in der Grenzzone zwischen der Molecular- und Körnerschicht der Kleinhirnrinde liegen.

Die Verzweigungen der Protoplasmafortsätze dieser Zellen theilen sich fortwährend auf sehr elegante Weise und gelangen bis zum peripherischen Rande der Molecularschicht, wo sie mit einer leichten Verdickung endigen.

Die nervösen Fortsätze durchziehen in mehr oder weniger gewundenem Lauf die ganze Körnerschicht und begeben sich in die innere Schicht der Nervenfasern (Markstrahlen), innerhalb welcher man sie nicht selten auf lange Strecken verfolgen kann. Obgleich diese nervösen Fortsätze in ihrem gewundenen Verlaufe eine mehr oder weniger bedeutende Menge secundärer Fibrillen abgeben, so behalten sie doch immer die Gestalt eines wohlindividualisirten Fadens.



Gustav Fischer

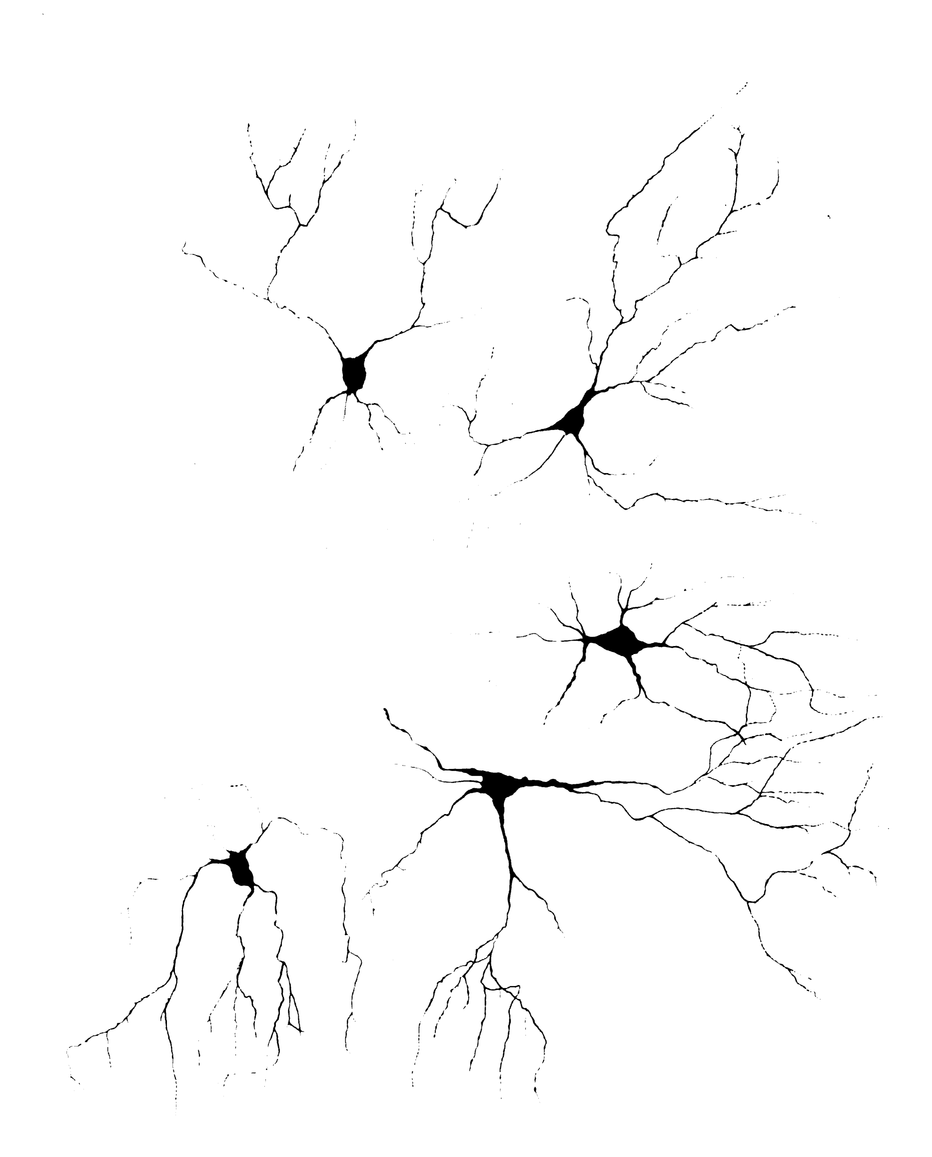
Tafel 12.

Stück eines Verticalschnittes durch eine Kleinhirnwindung einer neugeborenen Katze.

Die Zeichnung ist speciell bestimmt, die Gestalt, die Lagerung, die Theilungsgesetze, die Anordnung und die Beziehungen der grossen Ganglienzellen zu zeigen, welche in der Körnerschicht liegen.

Die Protoplasmafortsätze verzweigen sich dichotomisch, auf ganz andere Weise, als die der Zellen von Purkinje, und gelangen mit ihren letzten Zweigen oft bis zur peripherischen Grenze der Molecularschicht.

Die nervösen Fortsätze bilden durch ihre feinen, oft wiederholten Theilungen ein complicirtes Geflecht, in welchem es unmöglich ist, das Schicksal eines einzelnen nervösen Fortsatzes zu verfolgen. Dieses Geflecht hat keine bestimmbaren Grenzen, weder nach innen, noch nach der Molecularschicht zu; es verschmilzt natürlich mit dem im Texte beschriebenen Plexus von complicirter Herkunft.



Tafel 13.

Stück eines Verticalschnittes durch eine Kleinhirnwindung des Menschen.

Die Abbildung hat den besonderen Zweck, die zahlreichen kleinen Ganglienzellen zu zeigen, welche in der Molecularschicht zerstreut liegen. Man findet hier die zahlreichen Formen dargestellt, in denen diese Zellen in mit Bichromat und Silbernitrat hergestellten Präparaten auftreten. Der nervöse Fortsatz, welcher in Bezug auf seinen Austrittspunkt aus dem Zellkörper keiner bestimmten Regel folgt, ist kaum angedeutet, um die Zeichnung nicht zu verwirren. Aus demselben Grunde sind die Zellen von PURKINJE sehr blass dargestellt.

In der Körnerschicht, dicht unterhalb der Zellen von PURKINJE, ist auch eine spindelförmige, sehr langgestreckte Ganglienzelle abgebildet, von deren Seite der nervöse Fortsatz abgeht.

Die sogenannten Körnchen der gleichnamigen Schicht sind kaum angedeutet.



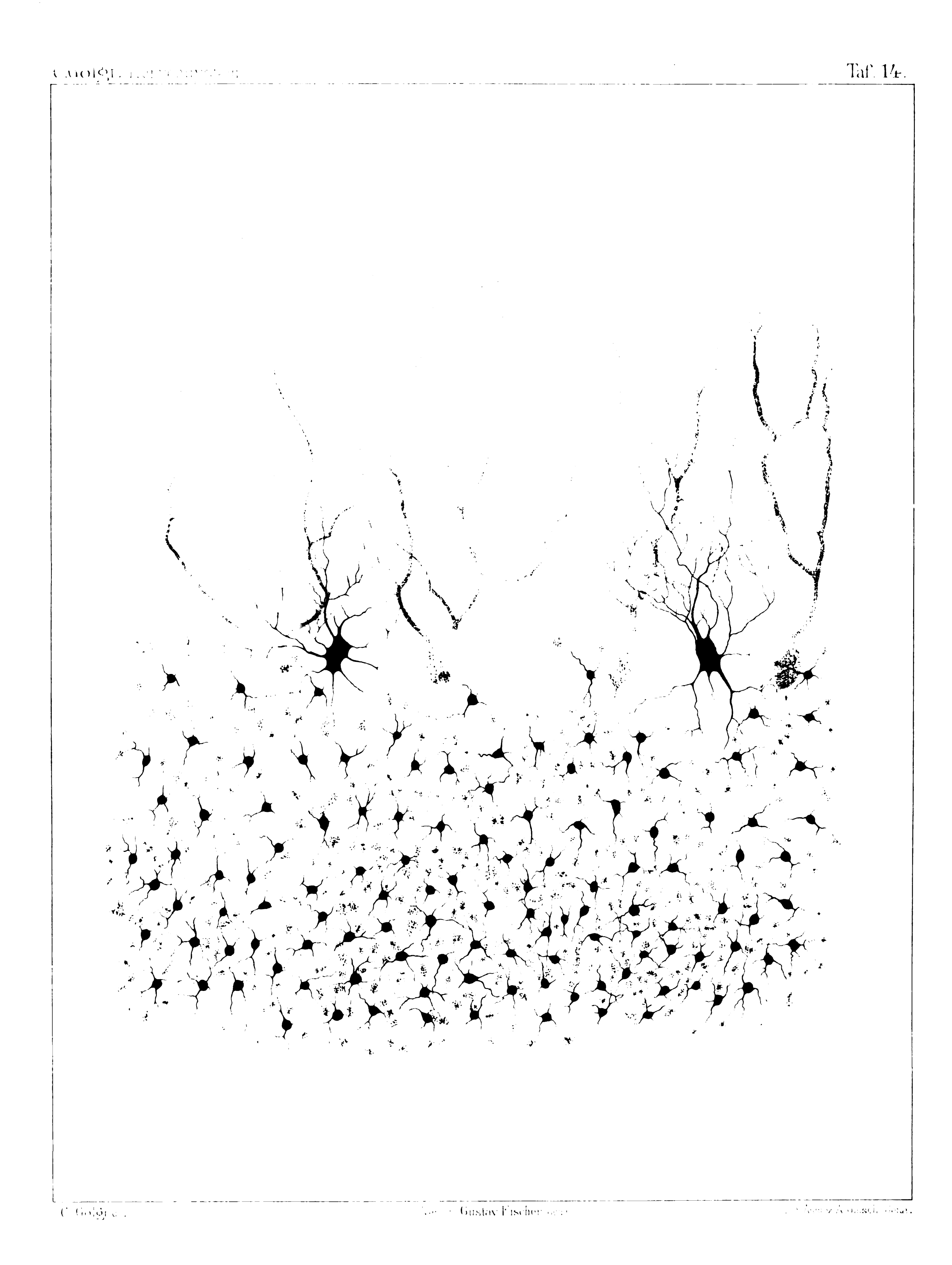
C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 14.

Stück aus einem Verticalschnitt durch eine Kleinhirnwindung des Kaninchens.

Die Zeichnung ist zur besonderen Verdeutlichung der Körnerschicht angefertigt. Diese sogenannten Körnchen erscheinen als Nervenzellen von kugeliger Gestalt, sehr klein und mit 3, 4, 5 und selbst 6 Fortsätzen versehen, von denen sich immer nur einer als nervöser Fortsatz ausweist. Letzterer ist immer nur angedeutet (roth). Die Fortsätze, welche man protoplasmatisch nennen können wird, obgleich sie sich ein wenig anders darstellen, als die Protoplasmafortsätze anderer Ganglienzellen, endigen in einem kleinen, körnigen Häufchen, in welchem man oft die Enden entsprechender Fortsätze der benachbarten Zellen zusammenfliessen sieht.

In der Uebergangszone zwischen Molecular- und Körnerschicht sind noch zwei andere Zellen abgebildet, welche sich von den PURKINJE'schen Zellen, neben denen sie liegen, nicht nur durch die Gestalt des Zellkörpers und die Verzweigungsweise der Protoplasmafortsätze, sondern auch, und besonders, durch das ganz verschiedene Verhalten ihres nervösen Fortsatzes unterscheiden. Diese beiden Zellen gehören zu dem Typus, welcher schon auf Tafel 9 und 12 dargestellt ist.



C. Golgi

Gustav Fischer

Tafel 15[1]).

Stück aus einem Verticalschnitt einer Kleinhirnwindung des Menschen.

Die Zeichnung stellt speciell die ungeheure Complication der Beziehungen zwischen Nervenfasern und Ganglienzellen dar. Sie muss als halbschematisch bezeichnet werden, weil sie gewissermaassen die Synthese der aus dem Studium verschiedener Präparate gewonnenen Thatsachen wiedergiebt. Uebrigens entsprechen die einzelnen dargestellten Elemente nach ihrer Lage und Form, nach ihren Beziehungen und nach der Verzweigungsart der Nervenfasern und Zellfortsätze genau der Wahrheit, wenigstens wie sie an Stücken erscheinen, welche nach der Schwarzfärbungsmethode behandelt worden sind.

Trotz dem Mangel an erklärenden Buchstaben erkennt man sehr leicht die drei die Kleinhirnwindung darstellenden Schichten: die Molecularschicht, die Körnerschicht und die Schicht der Nervenfasern.

Die Molecularschicht. Man erkennt darin sehr deutlich an der intensiv schwarzen Farbe die kleinen, dieser Schicht eigenthümlichen Nervenzellen. Ich lenke ganz besonders die Aufmerksamkeit auf die vielen Verschiedenheiten, welche der nervöse Fortsatz (rother Faden), mit welchem alle diese Zellen versehen sind, in Bezug auf seinen Austrittspunkt und sein ferneres Verhalten darbietet. In Bezug auf die Zellen, welche sich im unteren Drittel der Schicht befinden, ist zu bemerken, dass dieser Fortsatz sich offenbar mit dem daselbst vorhandenen Plexus von horizontalen Nervenfasern verbindet, indem er sich in seinem Verlauf und seiner Verzweigungsweise ganz ebenso verhält, wie die einzelnen Fasern, aus denen der Plexus besteht.

In dem tiefen Drittel der Schicht ist mit rother Farbe ein Theil des genannten, höchst complicirten Netzes abgebildet. An die parallel mit den Rändern dieser Schicht verlaufenden Fasern setzten sich viele aus der Körnerschicht kommende an; und von diesen Fasern gehen dann unzählige Fibrillen aus, welche sich auf verschiedene Weise weiter theilen und nach oben laufen. Der Plexus ist offenbar nicht so beschränkt, wie es hier scheint, sondern erstreckt sich über die ganze Breite der Schicht, die Zeichnung entspricht seiner häufigsten Erscheinungsweise in meinen Präparaten.

Längs dem tiefen Rande der Molecularschicht sind mit blasser Farbe einige Zellen von Purkinje dargestellt. Ihr nervöser Fortsatz giebt einige Fäden ab und lässt sich bis zur Schicht der Nervenfasern verfolgen.

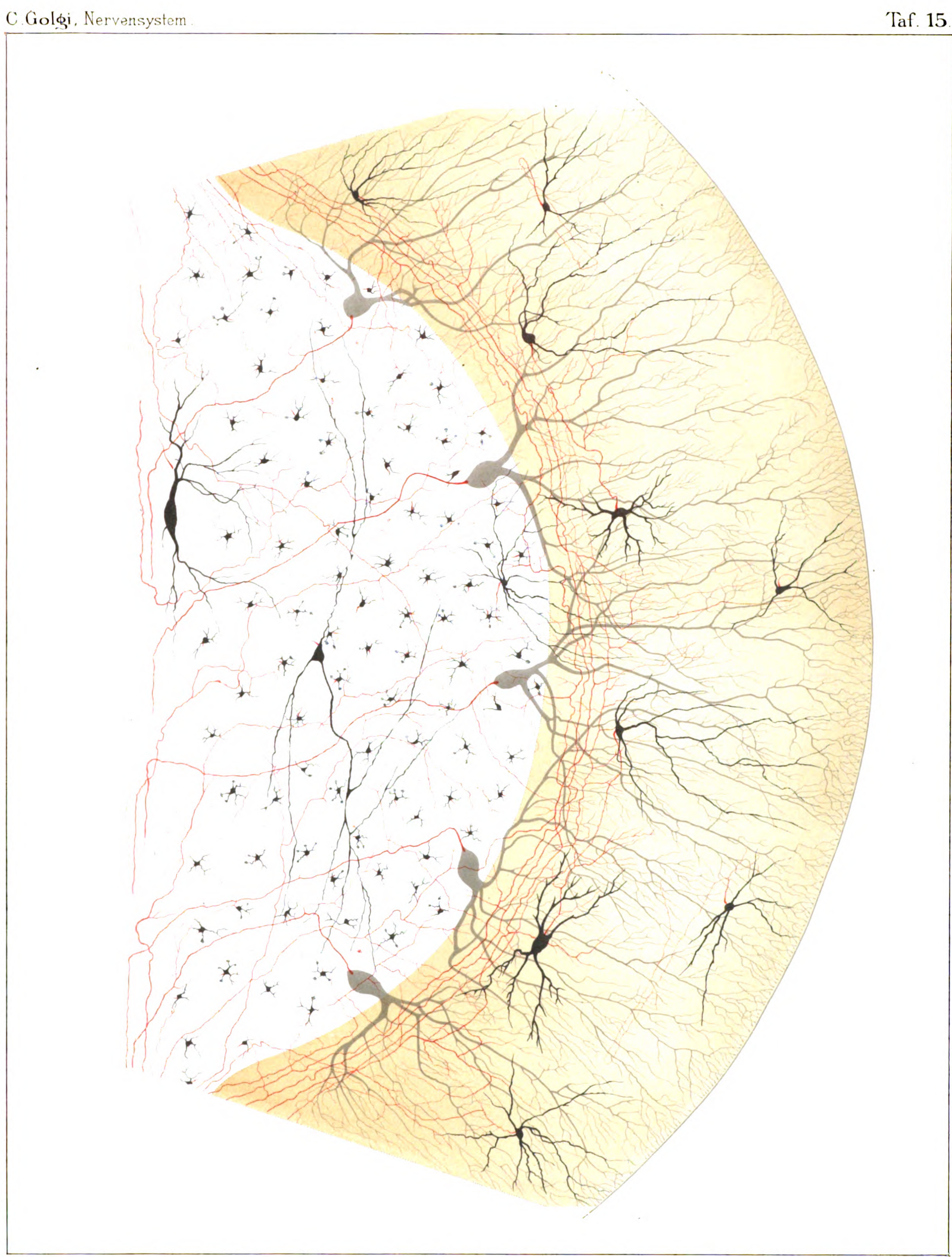
Die Körnerschicht. Darin sind abgebildet: *1* Die sogenannten Körnchen; sie sind in der Wirklichkeit viel zahlreicher. Der nervöse Fortsatz, den jede dieser Zellen besitzt, ist kaum angedeutet. Es ist zu bemerken, dass diese Elemente beim Menschen viel kleiner sind, als beim Kaninchen, bei der Katze, bei dem Kalbe u. s. w. (S. Tafel 14.) *2* Eine Nervenzelle, ganz gleich den kleinen der Molecularschicht, liegt nach oben, in der Nähe des Körpers der Zellen von Purkinje. *3* Zwei ziemlich grosse Ganglienzellen, die eine, dreieckige, liegt in der Mitte der Schicht, die andere, spindelförmige, streift die Medullarschicht. Der nervöse Fortsatz dieser Zellen ist kaum angedeutet. — Diese einzelnen Zellen von verschiedener Gestalt sind im menschlichen Kleinhirn ziemlich häufig.

Schicht der Nervenfasern. Von dieser Schicht ist nur ein schmaler Streifen abgebildet.

Mitten unter den schematisch gezeichneten horizontalen Fasern sieht man einige genau dargestellte in schwarzer Farbe. Nach ihrem Verlauf von unten nach oben bemerkt man, dass einige davon nach dem Körper von Purkinje'schen Zellen führen, indem sie nichts anderes sind, als die nervösen Fortsätze derselben, welche ihre Individualität bewahren, obgleich sie einige secundäre Fäden abgeben, und dass dagegen einige andere, während sie die Körnerschicht durchziehen, sich fein zertheilen und sich in einen Plexus verlieren, dessen feineres Verhalten schwer, wenn nicht unmöglich zu ermitteln ist.

Viele der deutlichsten Verzweigungen dieser zweiten Kategorie dringen ohne Zweifel in die Molecularschicht ein und nehmen an der Bildung des daselbst vorhandenen Plexus Theil; dasselbe geschieht mit einigen Verzweigungen der von dem nervösen Fortsatz der Purkinje'schen Zellen ausgehenden Fäden.

1) Der grösste Theil der auf dieser Tafel dargestellten, die Molecularschicht betreffenden Einzelnheiten sind aus einer Tafel entlehnt, welche einen Aufsatz meines ausgezeichneten Schülers, des Herrn R. Fusari (Sull' origine delle fibre nervose nel cervelletto) begleitet.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 16.

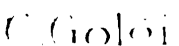
Stück aus einem Verticalschnitt durch eine Kleinhirnwindung des Menschen.

Die Zeichnung ist zur besonderen Erläuterung des Bindegewebsstromas (der Neuroglia) der drei besonderen Schichten der Kleinhirnwindungen gemacht. Die Molecularschicht sieht man von Faserbündeln durchzogen, welche von den an der tiefen Grenze dieser Schicht und noch tiefer in der Körnerschicht liegenden Neurogliazellen herkommen. Das Stratum limitans der platten Neurogliazellen der freien Oberfläche ist nicht dargestellt.

In der Körnerschicht liegen die strahligen Neurogliazellen unregelmässig zerstreut; immer treten die Beziehungen dieser Elemente zu den Gefässwänden deutlich hervor. Die Verbindung der beiden ist direct, indem die Zellkörper den Gefässwänden unmittelbar aufliegen, von denen sie oft einen Theil auszumachen scheinen, oder die Verbindung geschieht durch mehr oder weniger kräftige Fortsätze, welche an der Ansatzstelle eine dünne, mehr oder weniger ausgedehnte Verbreiterung zeigen.

Gleiche, ja noch deutlichere Eigenthümlichkeiten sieht man in dem Bindegewebsstroma der Markschicht. Hier sind die Neurogliazellen unter anderem vorwiegend von abgeplatteter Gestalt und regelmässiger angeordnet in Folge der regelmässigeren Lagerung der Nervenfaserbündel.

Die Blutgefässe, welche, sich verzweigend, von der Oberfläche aus in das Innere der Windung eindringen, sind viel blasser gezeichnet, um die Neurogliaelemente deutlicher erscheinen zu lassen.



Gustav Fischer

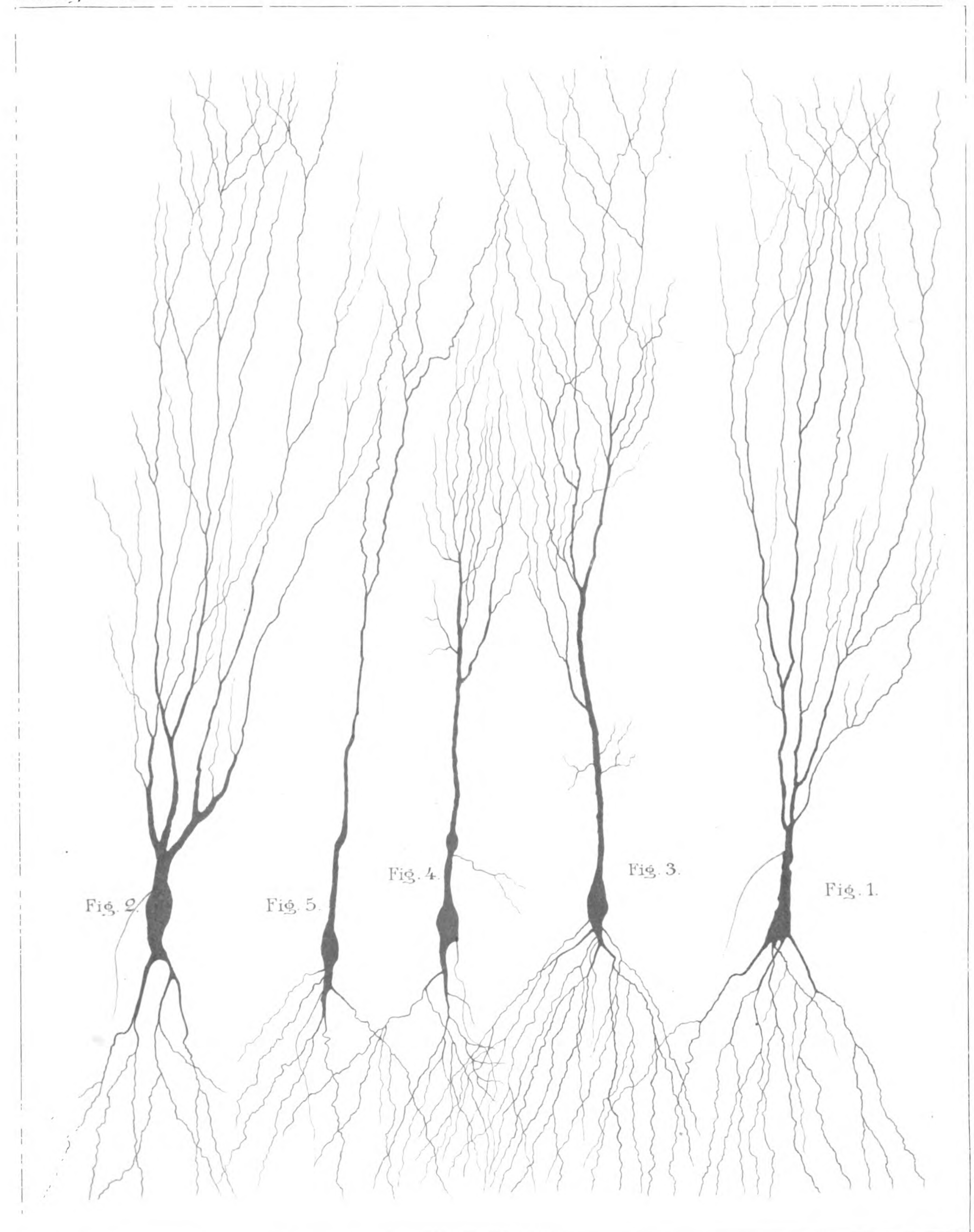
Tafel 17.

Einige Typen von Ganglienzellen, welche dem Stratum griseum circumvolutum des Pes Hippocampi major angehören.

Ausser dem Nachweis einiger Unterschiede, welche diese Zellen ihrer Gestalt nach zeigen können, stellen diese Zeichnungen auch einige der verschiedenen Abweichungen in Betreff der Abgangsstelle des nervösen Fortsatzes dar. Ebendieser Fortsatz wurde nur in der ersten Strecke seines Verlaufs angegeben, denn die Thatsache, dass er zahlreiche secundäre Fibrillen abgiebt, welche sich wieder fein verzweigen, muss als allgemeines Gesetz betrachtet werden. (Man sehe die Beschreibung im Texte.)

Fig. 1. Ganglienzelle aus der genannten Schicht, in der Nähe ihrer ersten Krümmung gelegen, da, wo der Uebergang zur Rinde der Windung des Hippocampus beginnt.

Fig. 2, 3, 4, 5. Ganglienzellen, welche einer mittleren Schicht des Stratum griseum circumvolutum angehören.


Fig. 2.
Fig. 5.
Fig. 4.
Fig. 3.
Fig. 1.

Tafel 18.

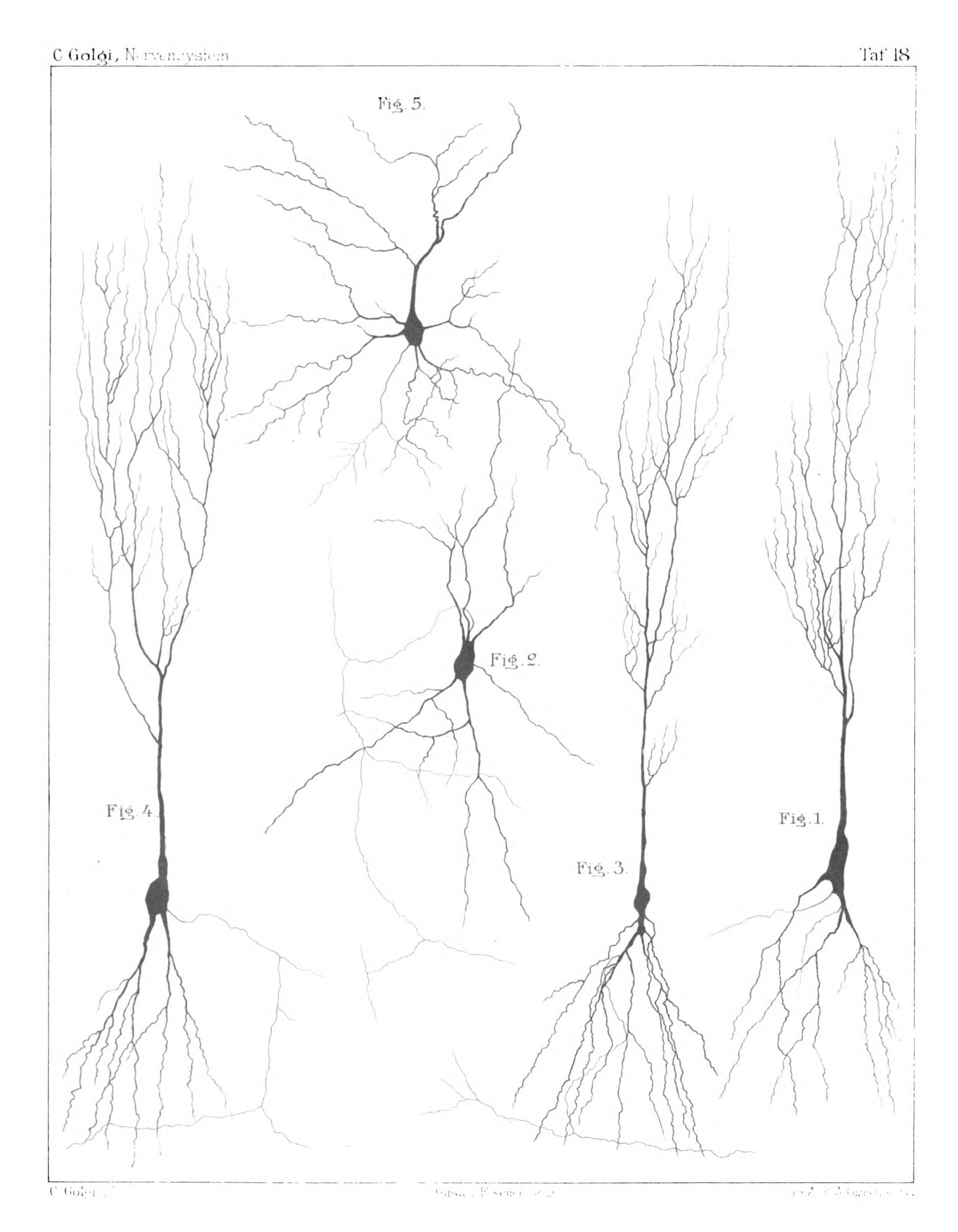
Andere Typen von Nervenzellen aus dem Pes Hippocampi major des Kaninchens.

Fig. 1. Ganglienzelle aus dem Stratum griseum circumvolutum, in der Höhe der Fimbria gelegen. — Der nervöse Fortsatz dieser Zelle ist, wie bei der auf Tafel 17 abgebildeten, kaum angedeutet, zur Erläuterung noch einer anderen von den vielen Varietäten in Bezug auf den Austrittspunkt. Das weitere Verhalten folgt dem allgemeinen, mehrmals angegebenen Gesetze.

Fig. 2. Ganglienzelle ebendaher; sie liegt isolirt in der Mitte der Schicht, ausserhalb der gewöhnlichen Reihe. (Vereinzelte Zelle.) Ihr nervöser Fortsatz entspringt, abweichend von dem, was man in der grossen Mehrzahl der Fälle sieht, nicht von der nach dem Alveus zugewendeten Seite der Zelle, sondern von der entgegengesetzten Seite, nach der Dicke der grauen Schicht zu. Nach kurzem Verlauf krümmt er sich, nimmt die entgegengesetzte Richtung an und gabelt sich dann: von den beiden Zweigen bleibt der eine, sich theilend, in der grauen Schicht, der andere zertheilt sich ebenfalls und mischt sich mit den Fasern des Alveus.

Fig. 3 und 4. Ganglienzellen aus derselben Schicht ungefähr in der Mitte ihrer Länge gelegen. Sie zeigen noch andere Varietäten der Ursprungs- und Verzweigungsart der nervösen Fortsätze.

Fig. 5. Ganglienzelle aus derselben Schicht, von der Krümmung, welche den Uebergang von der Lamina grisea circumvoluta zu der Rinde des Hippocampus bildet. Diese Zelle hat das Aussehen der gewöhnlichen, pyramidalen Ganglienzellen der Windung im Allgemeinen. Ihr nervöser Fortsatz, dessen erste Theilungen man sieht, und welche Fasern von äusserster Feinheit bilden, gehört zu denjenigen, welche sich durch wiederholte Theilungen mit dem diffusen, nervösen Netze vermischen.


Fig. 5.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 3.
Fig. 1.

Tafel 19.

Verticalschnitt durch den Pes Hippocampi major des Menschen, bei schwacher Vergrösserung.

Die Abbildung soll nur die Beziehungen der verschiedenen Schichten deutlich machen, aus denen dieser Hirntheil besteht.

a, a Alveus oder Medullarschicht, welche die ventriculäre Oberfläche des Pes Hippocampi major überzieht.

b, b, b Stratum griseum circumvolutum, Fortsetzung der Rinde *(f, f, f)* des Gyrus Hippocampi.

c, c, c Lamina medullaris circumvoluta, oder Lamina nuclearis, Fortsetzung der Schicht von weisser Substanz *(e, e, e)*, welche die Rinde der Windung des Hippocampus und des Subiculum bekleidet.

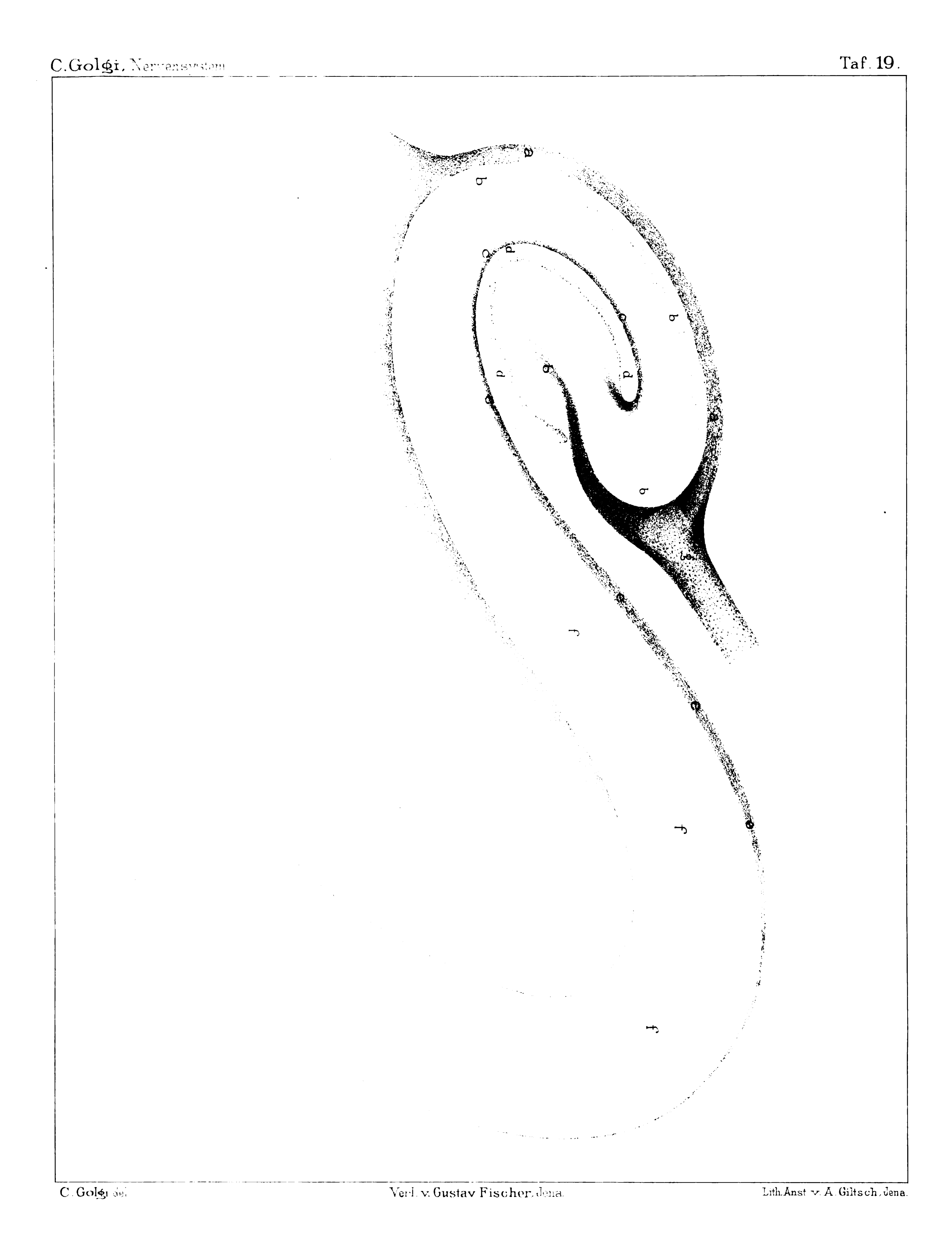
d, d, d Fascia dentata.

e, e, e Dünne Schicht weisser Substanz, welche die Rinde der Windung des Hippocampus bekleidet und, in das grosse Ammonshorn eindringend, die Lamina medullaris circumvoluta bildet *(c, c, c)*.

f, f, f Rinde des Gyrus Hippocampi, dessen Uebergang in das Stratum griseum circumvolutum *(b, b, b)* man mit dem Namen Subiculum cornu Ammonis bezeichnet.

g Fimbria.

h Bündel von Nervenfasern, welches aus dem letzten Theile des Stratum griseum circumvolutum herkommt und an der Bildung der Fimbria Theil nimmt.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 20.

Stück eines Verticalschnittes durch den Pes Hippocampi major des Menschen.

Die Abbildung betrifft das Stratum griseum circumvolutum und einen Theil der beiden Medullarschichten (Alveus und Lamina grisea circumvoluta), welche die ventriculare, oder innere und die äussere Oberfläche der grauen Schicht begrenzen. In diesen beiden Schichten sind die Nervenfasern nicht vollständig angegeben, nur die Art der Erscheinung des Bindegewebsstromas (der Neuroglia) ist dargestellt. Die Zeichnung giebt das gewöhnliche Aussehen der mit Bichromat und Silbernitrat hergestellten Präparate wieder. Sie kann am besten zur Verdeutlichung der Morphologie der Zellen dieser Region dienen.

A Medullarschicht, welche sich nach der Ventrikelseite zu befindet (Alveus). Reines Bindegewebsstroma.

B Stratum griseum circumvolutum. Ganglienzellen; ihr nervöser Fortsatz ist kaum angedeutet, um die Zeichnung nicht zu complicirt zu machen. Aus demselben Grunde sind in dieser Schicht auch die Zellen der Neuroglia weggelassen worden.

C Dünner Streif, zur äusseren Zone des Stratum griseum circumvolutum gehörend, wo die Zellen der Neuroglia in grosser Menge vorkommen. — Die Nervenfasern der Lamina medullaris circumvoluta sind weggelassen.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 21.

Vertical-transversaler Schnitt durch den Pes Hippocampi major des Kaninchens.

Diese Figur zeigt im Groben das Verhalten und die gegenseitigen Beziehungen der verschiedenen Schichten, welche an der Bildung des Pes Hippocampi major Theil nehmen.

a, a Schicht von Nervenfasern (Fortsetzung der Marksubstanz des Gyrus Hippocampi und der Fimbria), welche die ventriculäre Oberfläche des Pes Hippocampi major überzieht (Alveus).

b, b Stratum griseum circumvolutum.

c, c Lamina medullaris circumvoluta.

d, d Fascia dentata.

e, e Schicht von Nervenfasern, welche die Windung des Hippocampus überzieht. (Substantia reticularis alba.)

f Uebergangsstück von der Rinde des Gyrus Hippocampi zu dem Stratum griseum circumvolutum. (Subiculum cornu Ammonis, Burdach.)

g Fimbria.



Verl. v. Gustav Fischer Jena Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 22.

Transversal-verticaler Schnitt durch den Pes Hippocampi major des Menschen, des Kalbes und des Hundes.

Diese Figuren dienen zum vergleichenden Studium des Pes Hippocampi major bei dem Menschen und bei verschiedenen Thieren und sollen die Beziehungen der verschiedenen Schichten verdeutlichen, welche zu der Bildung dieses Hirntheils beitragen.

Fig. 1. Transversal-verticalschnitt des Pes Hippocampi major des Kalbes. Vergrösserung durch eine einfache Linse.

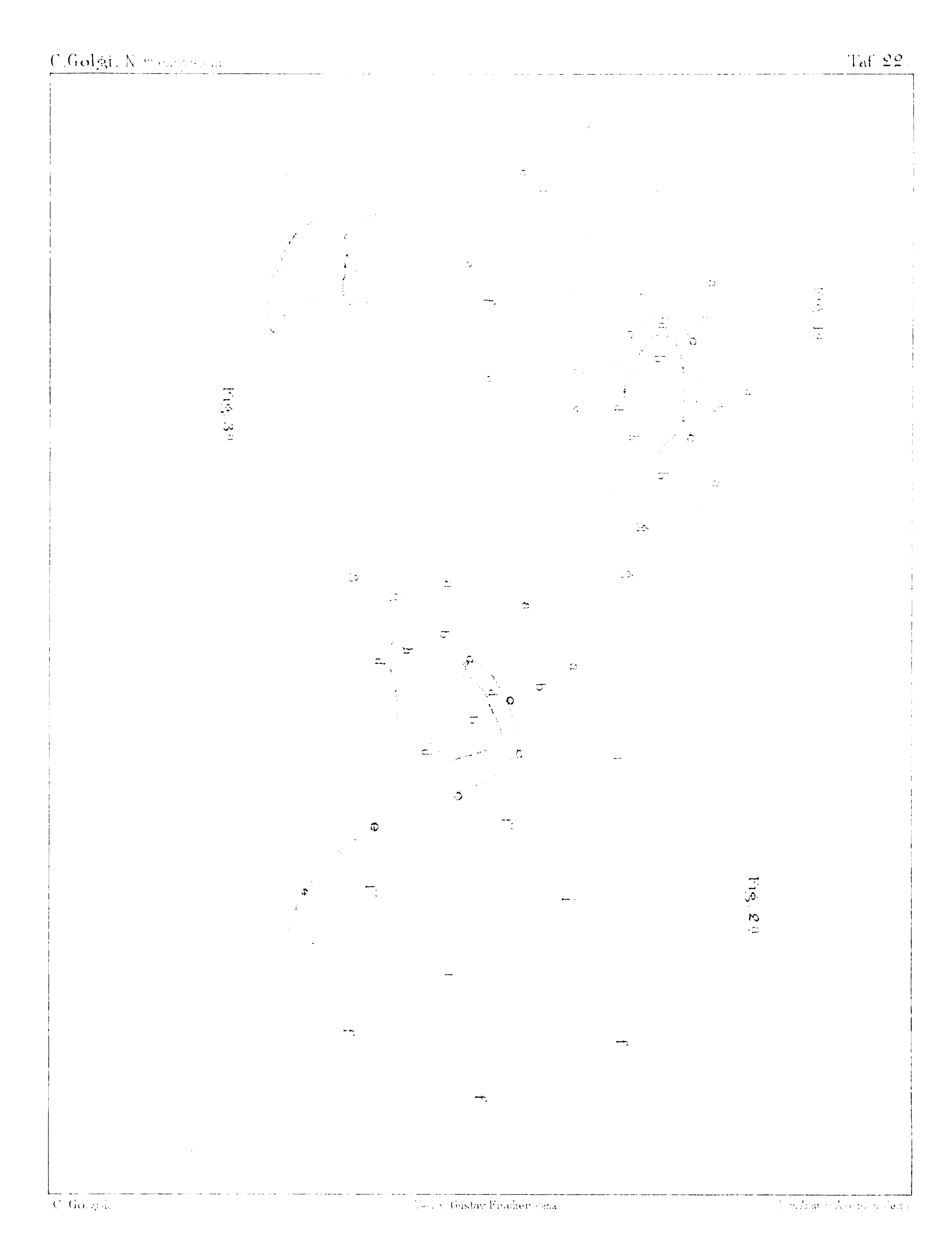
Fig. 2. Dasselbe vom Hunde.

Der Schnitt ist in der Nähe des Splenium gemacht. Man bemerke die starke Entwickelung der Fascia dentata, welche nach der freien Oberfläche zu eine grosse Strecke weit bloss liegt.

Vergrösserung durch eine einfache Linse.

Fig. 3. Dasselbe vom Menschen (einem jungen Burschen).

Natürliche Grösse.



Tafel 23.

Die Abbildung hat den besonderen Zweck, Form, Anordnung und gegenseitige Beziehungen der Nervenzellen der beiden grauen Schichten des Pes Hippocampi major zu zeigen.

An allen Ganglienzellen ist der nervöse Fortsatz weggelassen.

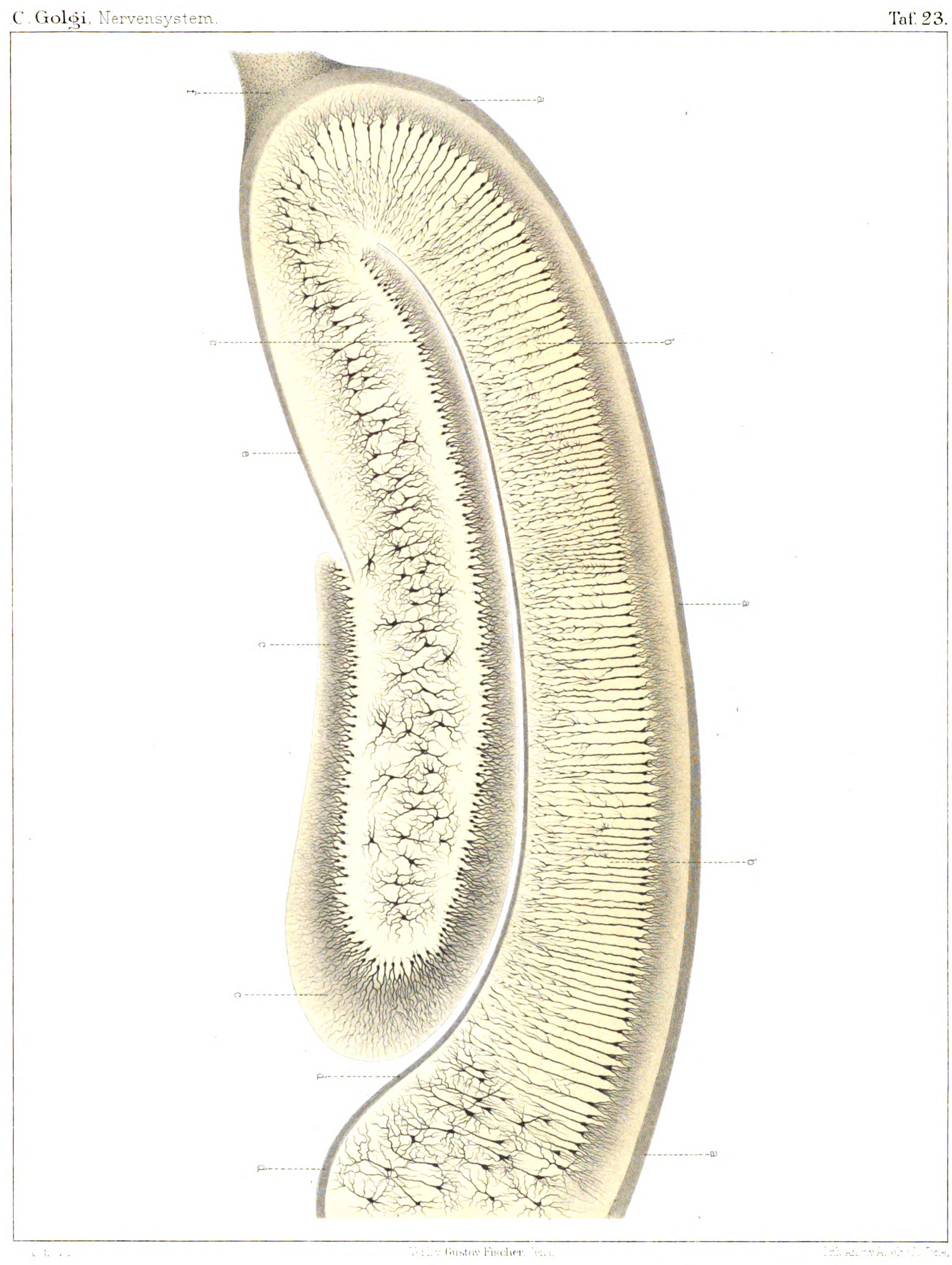
a, a, a Medullarschicht, welche den Pes Hippocampi major nach der Ventricularseite zu überzieht.

b, b, b Stratum griseum circumvolutum.

c, c, c Fascia dentata.

d, d Lamina medullaris circumvoluta.

e Bündel von Nervenfasern, welches sich in die Fimbria fortsetzt und von den zum letzten Theile das Stratum griseum circumvolutum gehörenden Zellen herkommt.



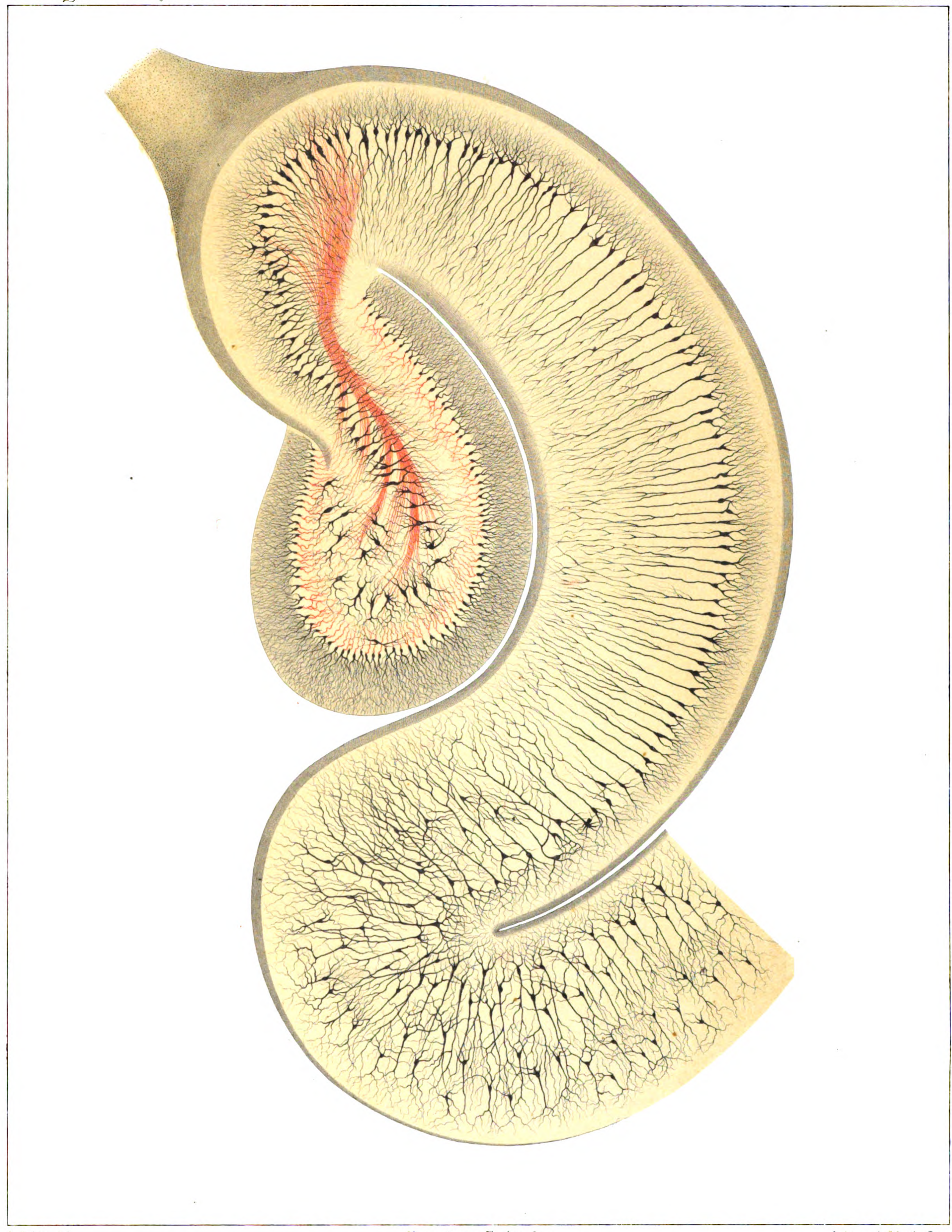
Verlag v. Gustav Fischer, Jena.

Tafel 24.

Vertical-transversalschnitt durch den Pes Hippocampi major eines neugeborenen Kätzchens.

Alle Einzelnheiten wie in der vorigen Tafel. Hier ist ausserdem das nervöse Faserbündel roth gezeichnet, welches von den kleinen Zellen der Fascia dentata herkommt, die von den Körpern der Ganglienzellen des Stratum griseum circumvolutum eingenommene Zone durchzieht und sich mit den Nervenfasern der Fimbria vereinigt.

Das Verhalten dieses Bündels, und besonders die Art, wie sich seine einzelnen Fasern mit den kleinen Nervenzellen der Fascia dentata in Verbindung setzen, wird noch viel deutlicher auf Tafel 26 zu sehen sein.



Verl. v. Gustav Fischer Jena.

Tafel 25.

Stück aus einem Schnitte durch den Pes Hippocampi major des Kaninchens.

Die Besonderheiten des Baues erscheinen hier viel weniger complicirt, als in der Natur.

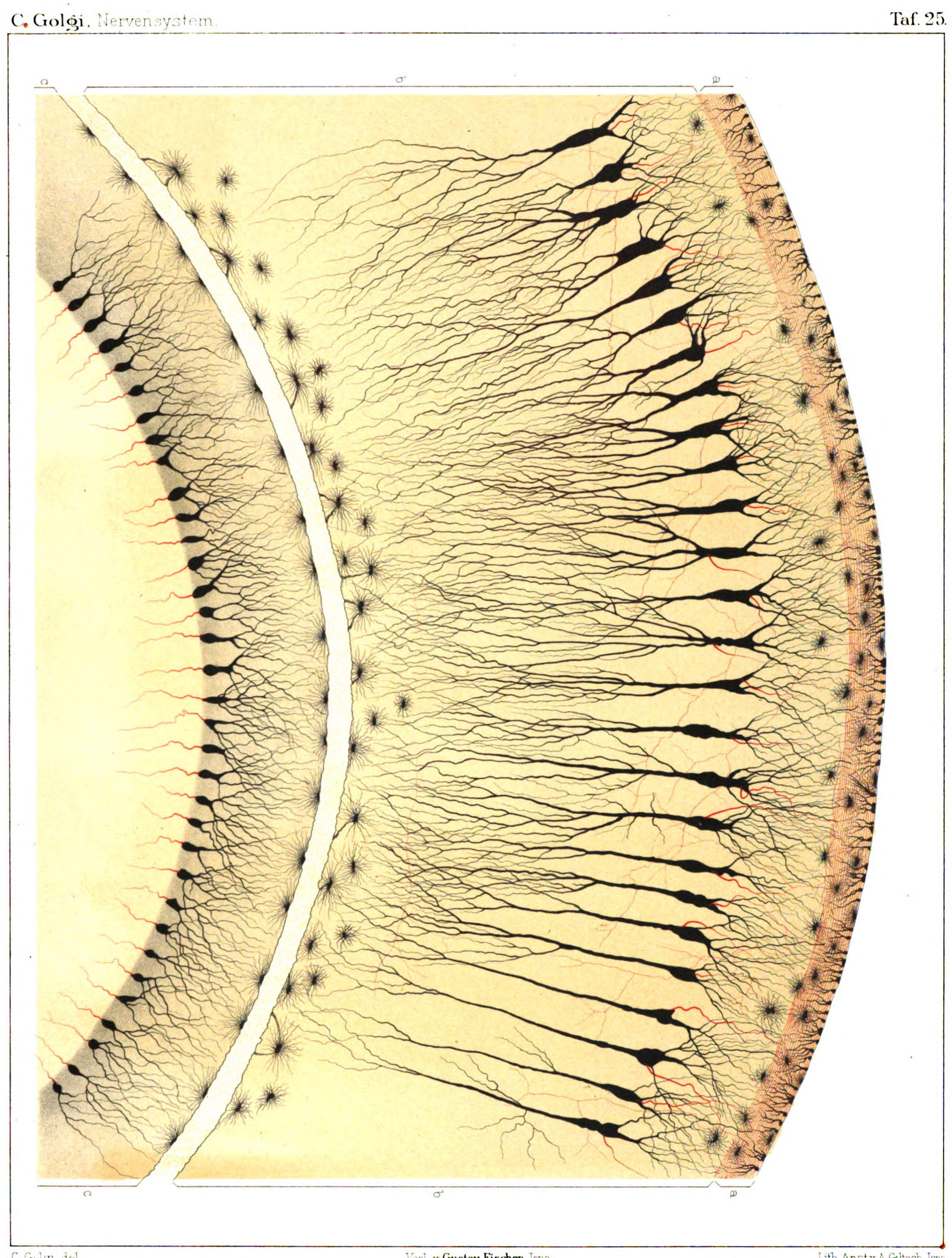
a, a Schicht von Nervenfasern, welche die ventriculäre Oberfläche des Pes Hippocampi major begrenzt (Alveus). — Die innere oder ventriculäre Oberfläche dieser Schicht zeigt eine regelmässige Bekleidung mit Zellen (Ventrikel-Epithel), deren Körper, welcher an der freien Oberfläche platt erscheint, mehr oder weniger tief in das Gewebe eindringt, um sich in eine Art von Fortsätzen zu zertheilen, welche sich weiter verzweigen und sich in grösserer oder geringerer Entfernung verlieren auf eine Weise, die sich nicht näher bestimmen lässt. — In dem Verhalten und Aussehen dieser seltsamen Art von Epithel bemerkt man bedeutende Aehnlichkeit mit dem Aussehen und Verhalten der Zellen der Neuroglia.

Es ist unnöthig zu sagen, dass die Fasern des Alveus fortwährend in die graue Schicht eindringen, und dass also zwischen beiden Schichten durchaus keine scharfe Grenze vorhanden ist, wie man sie in der Zeichnung sieht, sondern die beiden allmählich in einander übergehen.

b, b Stratum griseum circumvolutum. Anordnung, Form und Beziehungen der Zellen, welche dieser Schicht angehören. — In der Dicke dieser Schicht ist, wenn auch nur durch wenige Fasern, das complicirte Geflecht angedeutet, in welchem sich die Fasern der Lamina medullaris circumvoluta verlieren.

c, c Regelmässige Reihe kleiner Nervenzellen in der Fascia dentata. Der nervöse Fortsatz dieser Zellen ist kaum angedeutet, weil seine Eigenthümlichkeiten auf Tafel 26 und 27 zu sehen sind.

Von den Elementen der Neuroglia, welche man in den Präparaten oft überall in grosser Menge sieht, sind auf der Tafel nur wenige Vertreter abgebildet.



C. Golgi del. Verl. v. Gustav Fischer, Jena. Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena.

Tafel 26.

Stück von einem vertical-transversalen Schnitte durch den Pes Hippocampi major des Kaninchens.

Die Zeichnung erläutert besonders die Art, wie ein Bündel von Nervenfasern sich mit den kleinen Ganglienzellen der Fascia dentata in Beziehung setzt. Zwischen den Nervenfasern, welche sich noch im Zustande gut individualisirter Elemente befinden, und dem nervösen Fortsatze der kleinen Zellen besteht ein complicirtes Geflecht, welches eine halbkreisförmige Fläche einnimmt, mit besonders nach der Tiefe zu unbestimmten Grenzen.

In diesem Geflechte verlieren sich, indem sie sich verzweigen, einerseits die nervösen Fortsätze, andererseits die aus dem Bündel herkommenden Fasern. Dieses letztere tritt aus dem durch die Fascia dentata gebildeten Halbkanale heraus, durchzieht die Zone der Lamina grisea circumvoluta, welche von den zu dieser Lamina gehörenden Zellkörpern eingenommen wird, und verbindet sich mit den Fasern des Alveus und der Fimbria.



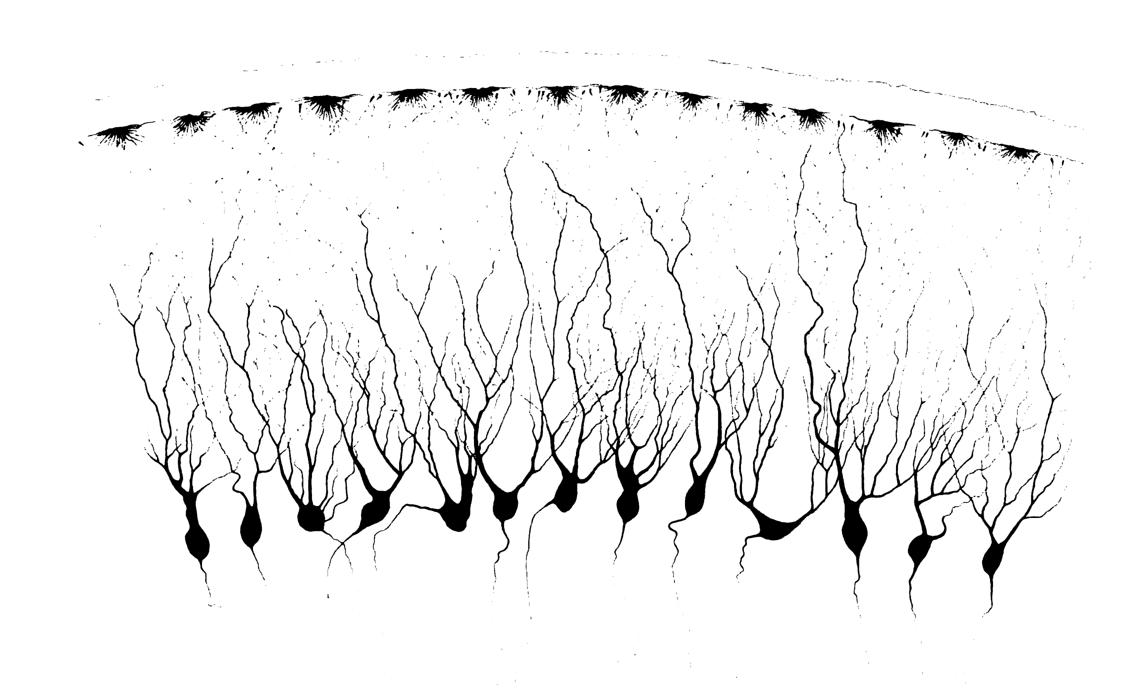
C. Golgi del. Verlag v. Gustav Fischer, Jena.

Tafel 27.

Stück eines Verticalschnittes durch die Fascia dentata.

Diese Abbildung stellt das Feinste dar, was man bis jetzt mittelst der Methode des Bichromats und Silbernitrats über das Verhalten des nervösen Fortsatzes der kleinen Ganglienzellen (sogenannten Körnchen), welche längs dem tiefen Rande (gegen den Endtheil des Stratum griseum circumvolutum) der Fascia dentata liegen, hat zur Erscheinung bringen können. — Die Nervenzellen finden sich hier in einfacher Reihe, während sie in den Präparaten oft in dreifacher, selbst vierfacher Reihe liegen. — Die Protoplasmafortsätze theilen sich dichotomisch, durchziehen die ganze Schicht und die Verzweigungen und endigen bald mit einer kleinen Anschwellung, bald mit einer leichten Verbreiterung, bald auf unbestimmte Weise nahe am Rande der Schicht, wo sich zahlreiche Neurogliazellen befinden.

Der nervöse Fortsatz, dessen Ursprungsweise in ihren Hauptvarietäten dargestellt ist, sendet nach kurzem Verlaufe zahlreiche Fäden von äusserster Feinheit aus. Ueber sein späteres Verhalten ist es unmöglich, anzugeben, ob er durch die Theilungen die Eigenschaft eines individuellen Fadens verliert, um in dem auf Tafel 26 dargestellten complicirten Geflechte aufzugehen, oder ob bisweilen ein oder mehrere Fäden eine gewisse Individualität bewahren, um in Nervenfasern überzugehen. Ersteres scheint häufiger zu sein.



Gustav Fischer

Tafel 28.

Die Abbildungen betreffen die medianen Längsstreifen (LANCISI'sche Nerven) des Corpus callosum.

Fig. 1. Vollständiger Verticalschnitt durch das Corpus callosum (gegen das vordere Drittel) und der darüber liegenden Windungen. Natürliche Grösse.

Gegen die Mittellinie des weissen Streifens, welcher den Verticalschnitt des Corpus callosum darstellt, sieht man zwei kleine Vorsprünge, welche die Durchschnittsflächen der beiden Streifen darstellen.

Fig. 2. Ebensolcher Schnitt genau durch die Mitte des Corpus callosum.

Fig. 3. Dasselbe in geringer Entfernung vom Splenium.

Fig. 4. Verticalschnitt durch die Längsstreifen (HARTNACK, Ocul. 3, Obj. 4).

a, a Innere Nervenfasern. *b, b* Aeussere Nervenfasern. Die einen, wie die anderen verlaufen auf der freien Oberfläche des kleinen Vorsprungs, so dass die graue Substanz fast vollständig von den Fasern umgeben ist.

Fig. 5. Verticalschnitt eines Streifens bei 300-maliger Vergrösserung.

Die Nervenzellen liegen in der ganzen Dicke der grauen Schicht unregelmässig zerstreut, aus welcher das Gewebe des kleinen Vorsprunges vorwiegend besteht.

---

*) Der grösste Theil der Einzelnheiten über die Molecularschicht, welche auf dieser Tafel dargestellt sind, sind aus einer Zeichnung entnommen, welche eine Arbeit (Sull' origine delle fibre nervose nel cervelletto) meines ausgezeichneten Schülers, des Herrn R. FUSARI, begleitet. Dieselbe wird in Kürze erscheinen.

Fig. 5a

Fig. 4a

Fig. 1a

Fig. 2a

Fig. 3a

Tafel 29 und 30.

Fig. 1. Uebergangszone zwischen Muskel- und Sehnengewebe (aus der Achillessehne der Eidechse) mit einer zahlreiche Aeste aussendenden Nervenfaser, von denen jeder in ein Endnetz übergeht. (Das Präparat wurde mit arseniger Säure und Chlorgold angefertigt. Vergrösserung ungefähr 200.)

Fig. 2. Markhaltige Nervenfaser aus der Achillessehne der Eidechse, welche vier bis fünf Aeste aussendet, von denen jeder nach Verlust der Markscheide sich weiter vertheilt und ein Endnetz hervorbringt, welches in den oberflächlichen Schichten der Sehne liegt. — Hie und da an den Knotenpunkten des Netzes liegen einige Kerne von körnigem Aussehen. — Die Fasern mit Kernen, welche über das ganze Gesichtsfeld vertheilt sind und ein grossmaschiges Netz bilden, gehören zum zweiten Systeme der S. 205 beschriebenen Nervenfasern. (Präparation wie vorher, Vergrösserung ungefähr 400.)

Fig. 3. Isolirte Nervenendigung aus einer Sehne der Eidechse, mit allen möglichen Einzelnheiten dargestellt. (Arsenige Säure und Gold; Ocular 3, Hartnack, und Immersionssystem 7, Gundlach.)

Fig. 4. Die Zeichnung stellt die Vertheilung der musculo-tendinösen Organe in einem Stücke des oberen Theiles (obere Dorsalgegend) der Sehnenplatte dar, welche den Rückgratsmuskeln des Kaninchens angehört. Von dem oberen Theile der Platte kommen drei Nervenbündel her (*a, a, a*), welche zahlreiche Fasern abgeben, von denen jede in ein musculo-tendinöses Endorgan übergeht.

Fig. 5. Musculo-tendinöser Endapparat vom Menschen. An das eine seiner Enden (*a*) setzen sich zahlreiche Muskelfasern an, das andere (*b*) geht in das Sehnengewebe über. Die nervöse Markfaser, welche an einer Seite des Organes eintritt, giebt in dessen Innerem zahlreiche secundäre Fasern ab, welche sich nach weiteren Zertheilungen in blasse Fasern verwandeln. An einigen Stellen der Zeichnung ist auch der Endzerfall der Nervenfasern angedeutet. (Ocul. 3, Obj. 8, Hartnack.)

Fig. 6, 7, 8. Drei Beispiele von musculo-tendinösen Endorganen des Kaninchens. Die Beziehungen sind dieselben, wie die für die vorige Figur angegebenen. (Ocul. 3, Obj. 7, Hartnack.)

Fig. 9. Musculo-tendinöses Organ des Kaninchens, welches an seiner Peripherie die Endnetze zeigt, in welche die aus der complicirten Weitertheilung der einzigen Markfaser, die es enthält, entstandenen Nervenfibrillen eintreten. (Ocul. 3, Obj. 8, Hartnack.)

Fig. 10. Kleines Stück (bei schwacher Vergrösserung betrachtet) von der Oberfläche der Sehne des M. pronator teres des Menschen (Randzone, nahe am Ansatze der Muskelfasern), worin verschiedene Nervenfasern verlaufen, von denen Zweige ausgehen, welche bald unmittelbar, bald nach weiterer Theilung in kleine Formen von Pacini'schen Körperchen eintreten.

Fig. 11. Nervenbündel, einer tiefen Sehnenausbreitung des M. pronator teres des Menschen angehörend, von dem drei Verzweigungen sich zu Endkörpern begeben, welche dem etwas abgeänderten Typus der Pacini'schen Körper angehören, und eines, welches sich weiter theilt, um in zwei musculo-tendinöse Körper einzutreten. (Ungefähr 30malige Vergrösserung.)

Fig. 12. Vier Endkörper, den von Ciaccio, Krause und Axel Key an der Conjunctiva beschriebenen ähnlich, von denen jeder mit einer Nervenfaser versehen ist. In dreien von diesen Körpern bildet die eintretende Faser ein Knäuel, in einem endigt sie, nachdem sie die Markscheide verloren hat, mit einer leichten Anschwellung, wie in den meisten Körperchen von Pacini. — Die Fasern, mit welchen jedes dieser vier Körperchen versehen ist, stammen von einer einzigen ab. (Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.)

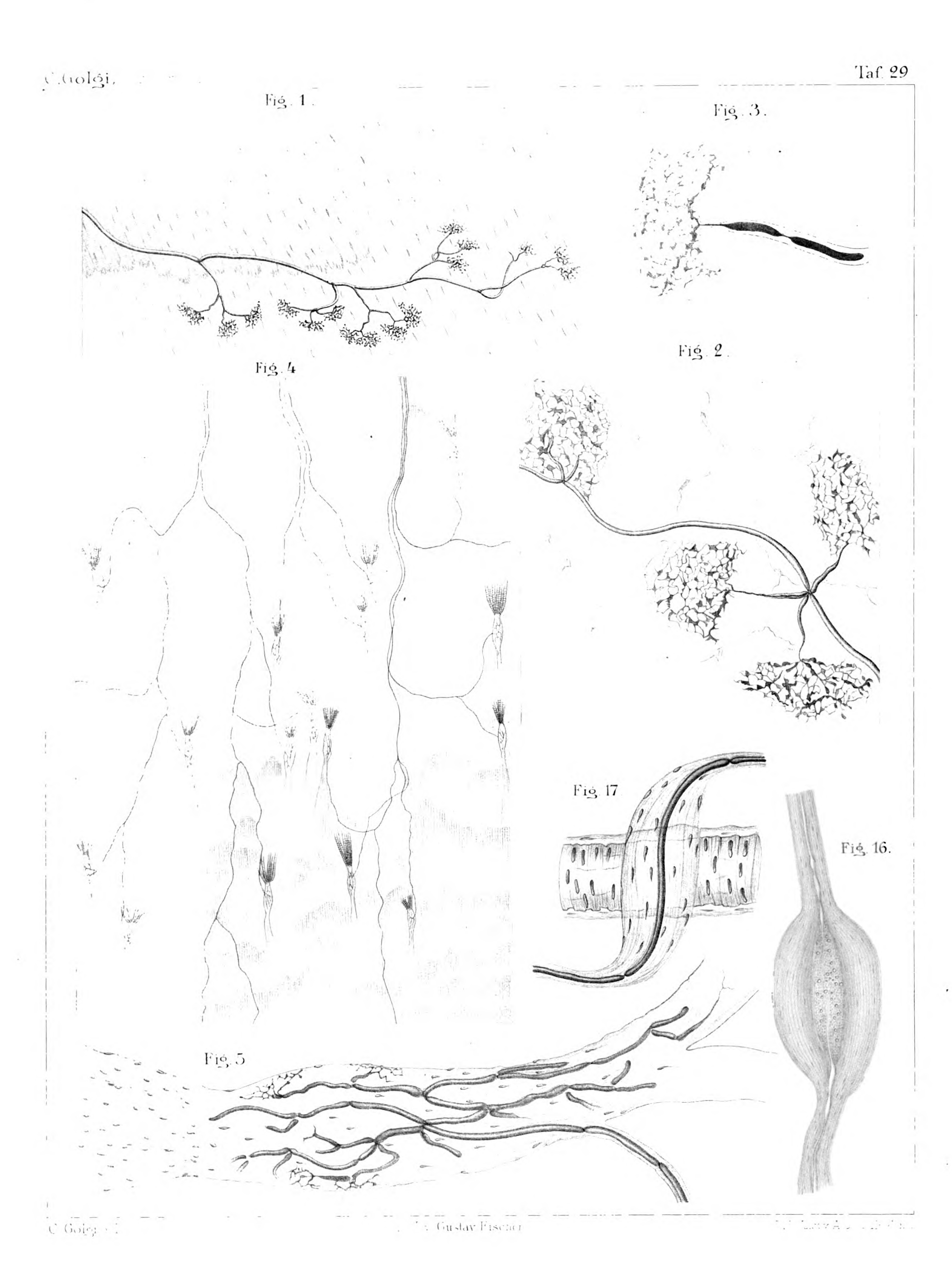
Fig. 13. Endnervenkörper, dessen Nervenfaser ein Knäuel bildet, aus dem oberflächlichen Fingerbeuger des Menschen. (Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.)

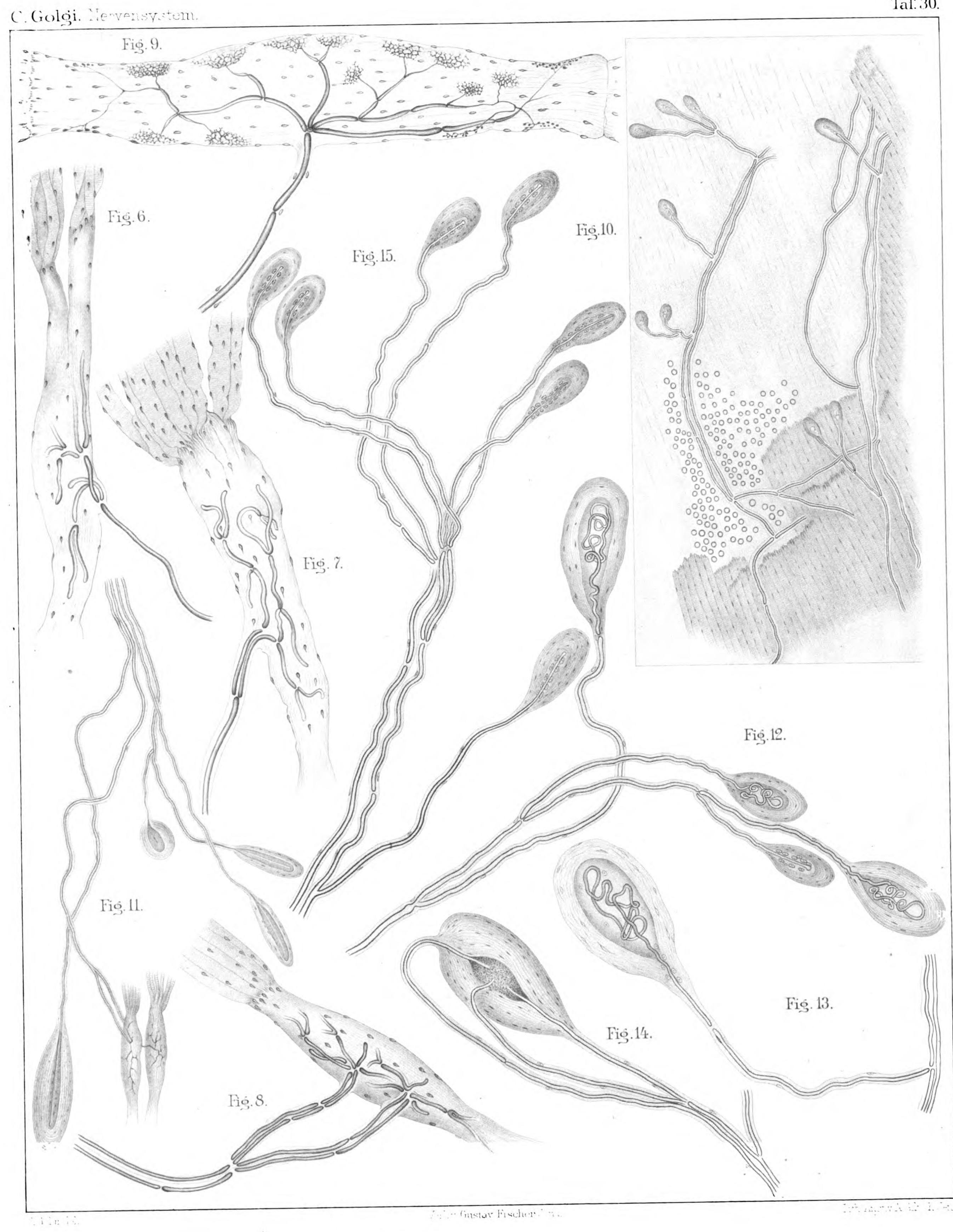
Fig. 14. Seltene Form eines Endkörperchens, von der Gestalt eines Pacini'schen Körperchens, in welches drei Markfasern von verschiedenen Seiten aus eindringen. (Aus der Sehne des inneren Ulnarmuskels des Menschen. Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.)

Fig. 15. Gruppe von Endkörpern an der Oberfläche einer tiefen Sehnenausbreitung des M. flexor superficialis digitorum des Menschen. (Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.)

Fig. 16. Ziemlich häufige Form eines Nervenkörpers, an welchen zwei Markfasern herantreten (?). Aus einer tiefen Sehnenplatte des M. pronator teres. Das Verhalten der Nervenfasern innerhalb des Körpers ist ungewiss. (Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.)

Fig. 17. Spindelförmige Anschwellung (durch Hyperplasie der Henle'schen Scheide) in dem Verlauf der Nervenfasern, welche entsteht, wenn diese ein Blutgefäss kreuzen, dessen Wände sie berühren. (Oc. 3, Obj. 8, Hartnack.) Die Zeichnung stellt eine Anschwellung dar, welche einer Nervenfaser der Achillessehne angehört, aber dieselbe Eigenthümlichkeit habe ich auch an vielen anderen Sehnen gefunden.


Fig. 1.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 4.
Fig. 17.
Fig. 16.
Fig. 5.



Verlag v. Gustav Fischer


10996

